PWR Leistungsmessungsanwendung

Benutzerhandbuch

KEYSIGHT TECHNOLOGIES

Hinweise

© Keysight Technologies, Inc. 2007-2015

Kein Teil dieses Handbuchs darf in beliebiger Form oder mit beliebigen Mitteln (inklusive Speicherung und Abruf auf elektronischem Wege sowie Übersetzung in eine fremde Sprache) ohne vorherige Zustimmung und schriftliche Einwilligung von Keysight Technologies, Inc. gemäß der Urheberrechtsgesetzgebung in den USA und international reproduziert werden.

Revision

Version 04.06.0000

Ausgabe

1.8.2015

Gedruckt in Malaysia

Veröffentlicht von:
Keysight Technologies, Inc.
1900 Garden of the Gods Road
Colorado Springs, CO 80907 USA

Garantie

Das in diesem Dokument enthal tene Material wird im vorliegenden Zustand zur Verfügung gestell t und kann in zukünftigen Ausgaben ohne vorherige Ankündigung geändert werden. Darüber hinaus übernimmt Keysight im gesetzlich maximal zulässigen Rahmen keine Garantien, weder ausdrücklich noch stillschweigend, bezüglich dieses Handbuchs und beliebiger hierin enthal tener Informationen, inklusive aber nicht beschränkt auf stillschweigende Garantien hinsichtlich Marktgängigkeit und Eignung für einen bestimmten Zweck. Keysight übernimmt keine Haftung für Fehler oder beiläufig entstandene Schäden oder Folgesachschäden in Verbindung mit Einrichtung, Nutzung oder Leistung dieses Dokuments oder beliebiger hierin enthal tener Informationen. Falls zwischen Keysight und dem Benutzer eine separate schriftliche Vereinbarung mit Garantiebedingungen bezüglich des in diesem Dokument enthal tenen Materials besteht, die zu diesen Bedingungen im Widerspruch stehen, gel ten die Garantiebed ingungen in der separaten Vereinbarung.

Technologielizenzen

Die in diesem Dokument beschriebene Hardware und/oder Software wird unter einer Lizenz bereitgestellt und kann nur gemäß der Lizenzbedingungen verwendet oder kopiert werden.

Rechte von Behörden der USA

Die Software ist „kommerzielle Computersoftware", wie in der Federal Acquisition Regulation („FAR") 2.101 beschrieben. Gemäß FAR 12.212 und 27.405-3 sowie dem Department of Defense FAR Supplement („DFARS") 227.7202 erwerben Behörden der USA kommerzielle Computersoftware unter denselben Bedingungen, unter denen die Software üblicherweise der Öffentlichkeit bereitgestellt wird. Entsprechend stellt Keysight Behören der USA Software unter der standardmäßigen kommerziellen Lizenz bereit, die im Endbenutzer-Lizenzvertrag enthalten ist. Eine Kopie hiervon kann unter www.keysight.com/find/sweula gefunden werden. Die im Endbenutzer-Lizenzvertrag dargelegte Lizenz stellt die ausschließliche Befugnis dar, nach der Behörden der USA die Software verwenden, modifizieren, verteilen oder offenlegen dürfen. Der Endbenutzer-Lizenzvertrag und die darin dargelegte Lizenz erfordern oder erlauben unter anderem nicht, dass Keysight: (1) technische Informationen zu kommerzieller Computersoftware oder Dokumentation zu kommerzieller Computersoftware liefert, die der Öffentlichkeit üblicherweise nicht bereitgestellt wird; oder (2) den Behörden Rechte abtritt oder auf andere Art einräumt, die weiter reichen als die Rechte, die üblicherweise der Öffentlichkeit zum Verwenden, Modifizieren, Reproduzieren, Veröffentlichen, Ausführen, Anzeigen oder Offenlegen von kommerzieller Computersoftware oder von Dokumentation zu kommerzieller Computersoftware eingeräumt werden. Es gelten keine zusätzlichen behördlichen Anforderungen, die über die im Endbenutzer-Lizenzvertrag dargelegten reichen, außer in dem Maße, in dem diese Bedingungen, Rechte oder Lizenzen explizit von allen Anbietern kommerzieller Computersoftware in Übereinstimmung mit FAR und DFARS gefordert werden und ausdrücklich schriftlich anderenorts im Endbenutzer-Lizenzvertrag dargelegt werden. Keysight ist nicht verpflichtet, die Software zu aktualisieren, zu überarbeiten oder auf andere Art und Weise zu modifizieren. Im Hinblick auf technische Daten, wie von FAR 2.101, gemäß FAR 12.211 und 27.404.2 und DFARS 227.7102, definiert, erwerben Behörden der USA nicht mehr als eingeschränkte Rechte, wie in FAR 27.401 oder DFAR 227.7103-5 (c) definiert, wie bei jeglichen technische Daten anwendbar.

Sicherheitshinweise

VORSICHT

Ein Hinweis mit der Überschrift **VORSICHT** weist auf eine Gefahr hin. Er macht auf einen Betriebsablauf oder ein Verfahren aufmerksam, der bzw. das bei unsachgemäßer Durchführung zur Beschädigung des Produkts oder zum Verlust wichtiger Daten führen kann. Setzen Sie den Vorgang nach einem Hinweis mit der Überschrift **VORSICHT** nicht fort, wenn Sie die darin aufgeführten Hinweise nicht vollständig verstanden haben und einhalten können.

WARNUNG

Eine WARNUNG weist auf eine Gefahr hin. Sie macht auf einen Betriebsablauf oder ein Verfahren aufmerksam, der bzw. das bei unsachgemäßer Durchführung zu Verletzungen oder zum Tod führen kann. Setzen Sie den Vorgang nach einem Hinweise mit der Überschrift WARNUNG nicht fort, wenn Sie die darin aufgeführten Hinweise nicht vollständig verstanden haben und einhalten können.

Leistungsmessungs-Anwendung – auf einen Blick

Mit der DSOX3PWR/DSOX4PWR/DSOX6PWR Leistungsmessung und Analyse für Oszilloskope der InfiniiVision 3000T/4000/6000 X-Serie können Sie schnell und mühelos Effizienz und Zuverlässigkeit des Schaltnetzteils analysieren.

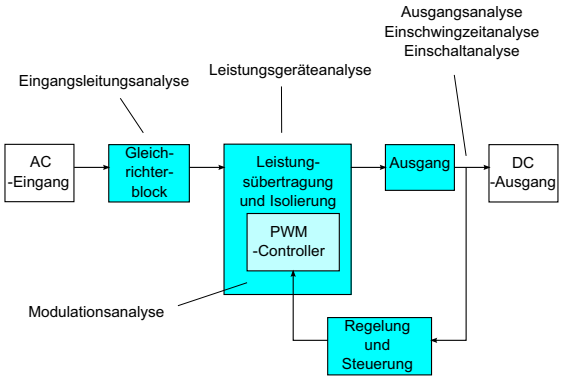


Abbildung 1 Blockdiagramm und Messungstypen des Schaltnetzteils (SMPS)

Mit der Leistungsmessungsanwendung können Sie:

- Schaltverlust und Leitungsverluste vermessen am Schaltgerät messen (zur Effizienzverbesserung).
- dI/dt und dV/dt Anstiegsgeschwindigkeit analysieren (für zuverlässigen Betrieb).
- die Oszilloskopeinrichtung für Restwelligkeitsmessungen automatisieren (anstelle mühevoller manueller Oszilloskopeinrichtung).
- Vorab-Konformitätstests gemäß IEC 61000-3-2-Standards durchführen (um Konformitätstestzeit zu reduzieren).
- Leitungsspannung mit Tests auf gesamte harmonische Verzerrung,, Wirkleistung, Scheinleistung, Leistungsfaktor, und Scheitelfaktor analysieren (um schnell Informationen zur Leistungsqualität zu erhalten).
- Ausgangsrauschen messen (Restwelligkeit).
- Modulation mithilfe der Ein- und Auszeit-Informationen eines Pulsbreitenmodulationssignals (PWM) analysieren (zur Charakterisierung des aktiven Leistungsfaktors).

- Restwelligkeitsunterdrückung der Eingangsspannung bei verschiedenen Frequenzen durch einen Schaltkreis mithilfe der Netzstörungsunterdrückungsverhältnis-Messung (fortan PSRR-Messung) messen.

Die Leistungsmessungs- und Leistungsanalyselizenz bildet mit dem Oszilloskop, dem Hochspannungs-Differenzialtastkopf, der Stromzange, dem Tastkopfkalibrierungsadapter und dem passiven Tastkopf ein umfassendes Leistungsmesssystem für Planung und Tests von Stromversorgungen.

Zusätzlich enthält DSOX3PWR/DSOX4PWR/DSOX6PWR ohne Aufpreis eine Lizenz für das auf U1881A PC-basierende Leistungsanalyse-Softwarepaket. Das Softwarepaket bietet zusätzliche Offline-Leistungsmessungen und eine Berichterstellungsfunktion.

Inhalt dieses Handbuchs:

- Kapitel 1, “Voraussetzungen,” ab Seite 11
- Kapitel 2, “Erste Schritte,” ab Seite 17
- Kapitel 3, “Ausführen von Leistungsanalysen,” ab Seite 27
- Kapitel 4, “Automatische Leistungsmessungen,” ab Seite 73

Inhalt

Leistungsmessungs-Anwendung – auf einen Blick / 4

1 Voraussetzungen

Sicherheit / 11

Anforderungen an das Oszilloskop / 11

Bandbreitenanforderungen / 12

Speicheranforderungen / 12

Softwareversionsanforderungen / 13

Tastkopfanforderungen / 13

Spannungstastkopf / 13

Stromzange / 14

Entzerren der Spannungstastköpfe und Stromzangen / 14

2 Erste Schritte

Schritt 1: Zugriff auf die Leistungsmessungsanwendung / 17

Schritt 2: Ausführen der Kanalkalibrierung / 18

Schritt 3: Auswählen des Leistungsanalysetyps / 22

Schritt 4: Anschließen des Messobjekts und Einrichten der Signale / 23

Schritt 5: Ändern der Analyseeinstellungen (falls verfügbar) / 24

Schritt 6: Anwenden der Analyse / 25

Schritt 7: Anzeigen der Analyseergebnisse / 25

3 Ausführen von Leistungsanalysen

Eingangsmessungen / 27

Leistungsqualität / 27
Stromoberwellen / 30
Einschaltstrom / 36

Messungen umschalten / 38
Rds(on) und Vce(sat) / 39
Schaltverlust / 42
Anstiegsrate / 47
Modulation / 50

Messungen ausgeben / 54
Ausgangswelligkeit / 54
Ein/Aus / 56
Einschwingzeit / 59
Effektivität / 62

Frequenzantwortmessungen / 66
Netzstörunterdrückungsverh. (PSRR) / 66
Regelkreisverhalten (Bode) / 69

4 Automatische Leistungsmessungen

Leistungsfaktor / 73

Wirkleistung / 74

Scheinleistung / 74

Blindleistung / 74

Scheitelfaktor / 75

Phasenwinkel / 75

Ausgangswelligkeit / 75

Eingangsleistung / 76

Ausgangsleistung / 76

Effektivität / 76

Spitzenstrom / 77
Einschwingverhalten / 77
Einschaltzeit / 78
Ausschaltzeit / 78
Rds(on) / 78
Vce(sat) / 78
Leistungsverlust / 79
Leistungsverl./Zyk / 79
Energieverlust / 79

Index

1 Voraussetzungen

Sicherheit / 11
Anforderungen an das Oszilloskop / 11
Tastkopfanforderungen / 13

In diesem Kapitel werden Sicherheitshinweise und die erforderlichen Anforderungen für das Benutzen der Leistungsmessungsanwendung beschrieben.

Sicherheit

WARNUNG **Bevor Sie die Messsonden an Schaltkreise mit gefährlichen Spannungen anschließen, müssen Sie sicherstellen, dass Messsonden und andere Komponenten innerhalb der für sie angegebenen Nennwerte verwendet werden. Weitere Informationen hierzu finden Sie in der Dokumentation zu den Tastköpfen und anderen Komponenten.**

Anforderungen an das Oszilloskop

Die Leistungsmessungsanwendung DSOX3PWR/DSOX4PWR/DSOX6PWR ist für die Verwendung mit den digitalen Speicheroszilloskopen (DSO) der 3000T/4000/6000 X-Serie gedacht.

Die erforderliche Oszilloskopbandbreite und der erforderliche Speicherplatz hängen von der zu testenden Stromversorgung ab.

- "Bandbreitenanforderungen" auf Seite 12
- "Speicheranforderungen" auf Seite 12
- "Softwareversionsanforderungen" auf Seite 13

Bandbreitenanforderungen

Die Bandbreitenanforderungen des Oszilloskops und des Tastkopfs werden durch die Anstiegsrate (Anstiegs-/Abfallzeiten) des Schaltgeräts gesteuert.

Für Oszilloskope mit Gaußschem Frequenzgang (typisch für Oszilloskope mit 1 GHz oder niedrigerer Bandbreite) wird die Anstiegszeit des Oszilloskops normalerweise mit der Bandbreite des Oszilloskops anhand folgender Formel ermittelt:

Anstiegszeit = 0,35/Bandbreite

Um die Anstiegszeit eines Eingangssignals mit einem Fehler von ±5% zu messen, muss die Anstiegszeit des Oszilloskops 1/3 der Anstiegszeit des Eingangssignals betragen. Daher beträgt die erforderliche Oszilloskopbandbreite:

BW = [0,35 / (Anstiegszeit Eingangssignal / 3)]

Beispielsweise erfordert ein Schaltgerät mit einer Anstiegszeit von 10 ns eine Oszilloskop- und Tastkopfbandbreite von 105 MHz.

Speicheranforderungen

Die Speicheranforderungen an das Oszilloskop hängen vom Zeitbereich und den zu erfassenden Signaltypen ab:

Speichertiefe = Zeitbereich * Abtastrate

- Für Schaltgerätsignale: Wenn Sie die Schaltsignale für die Dauer des halben Netztakts (60 Hz) mit einer Anstiegsrate von 50 ns erfassen müssen (unter Verwendung einer Abtastrate, die vier Mal die erforderliche Bandbreite beträgt), Speichertiefe = 8,333 ms * 21 MHz * 4 = 699972 Punkte.

  Bei Oszilloskopen der InfiniiVision 3000 X-Serie wird die Abtastrate mit der Zeitbereichseinstellung festgelegt. Im obenstehenden Fall beträgt im Modus "Hohe Auflösung" für den Zeitbereich 8,333 ms die Abtastrate 100 MSa/s. Daher muss die Speichertiefe 833300 Punkte betragen.
- Für AC-Eingangssignale: Sie müssen einige Zyklen erfassen, um die FFT zu plotten. Auflösung des FFT-Plot = Abtastrate / Datengröße. Die erwarteten Oberwellen sind Vielfache von 50/60 Hz.

Da die Eingangssignale Niederfrequenzkomponenten besitzen, ist eine hohe Abtastrate nicht erforderlich. Zum Beispiel besagt die RTCA-DO-160E-Spezifikation, dass eine Abtastrate von 100 kSa/s und höher ausreichen sollte. Wenn Sie für ein 60 Hz-Signal 10 Zyklen erfassen möchten, müssen Sie einen Zeitraum von 83,33 Ms erfassen.

Die Oszilloskope der InfiniiVision 3000 X-Serie legen die Abtastrate bei 10 MSa/s für den oben angegebenen Zeitbereich fest. Die erforderliche Speichertiefe beträgt 83330 Punkte bei einer FFT-Auflösung von 4,77 Hz.

Softwareversionsanforderungen

Tabelle 1 Erforderliche Oszilloskopsoftwareversion

Oszilloskopfamilie	Erforderliche Softwareversion
InfiniiVision 3000T X-Serie	4.00 oder höher
InfiniiVision 4000 X-Serie	3.00 oder höher
InfiniiVision 6000 X-Serie	6.00 oder höher

Tastkopfanforderungen

- "Spannungstastkopf" auf Seite 13
- "Stromzange" auf Seite 14
- "Entzerren der Spannungstastköpfe und Stromzangen" auf Seite 14

Spannungstastkopf

Sie können folgende Spannungstastköpfe verwenden:

- Keysight N2791A-Differenzialtastkopf, 25 MHz, 700 V dynamischer Bereich.
- Keysight N2790A-Differenzialtastkopf, 100 MHz, 1,4 V dynamischer Bereich.
- Keysight N2792A-Differenzialtastkopf, 200 MHz Bandbreite, 20 V dynamischer Bereich.
- Keysight N2793A-Differenzialtastkopf, 800 MHz Bandbreite, 15 V dynamischer Bereich.

- Keysight N2891A Hochspannungs-Differenzialtastkopf, 70 MHz Bandbreite, 7 kV dynamischer Bereich.
- Keysight 1141A-Differenzialtastkopf, 200 MHz Bandbreite, 400 V dynamischer Bereich.
- Keysight 10070D passiver Tastkopf 1:1, 20 MHz Bandbreite, 400 V max. Eingang (für Netzrauschen- und PSRR-Messungen).
- Keysight N2870A passiver Tastkopf, 1:1, 35 MHz Bandbreite, 55 V max. Eingang (für Netzrauschen und PSRR-Messungen).

Informationen zu Bandbreitenanforderungen für Spannungstastköpfe finden Sie unter "Bandbreitenanforderungen" auf Seite 12.

Der erforderliche Spannungsbereich für den Tastkopf hängt vom zu messenden Eingangssignal ab. Ein AC/DC-Schaltnetzteil erfordert einen Hochspannungsbereich-Tastkopf, da die Schaltsignale und Eingangsleitungssignale bis zu 700 Vpp reichen können. Für DC/DC-Schaltnetzteile reicht ein geringerer Tastkopf-Spannungsbereich aus, da die Signalamplituden sehr viel kleiner sind.

Ein passiver Tastkopf wird üblicherweise für DC-Ausgangs- oder Einschwingzeitmessungen verwendet.

Stromzange

Sie können die folgenden Keysight AC/DC-Stromzangen verwenden:

- 1147A 50 MHz Bandbreite, 15A Spitze.
- N2893A 100 MHz Bandbreite, 30A Spitze.
- N2780A 2 MHz Bandbreite, 500A Spitze.
- N2781A 10 MHz Bandbreite, 150A Spitze.
- N2782A 50 MHz Bandbreite, 30A Spitze.
- N2783A 100 MHz Bandbreite, 30A Spitze.

Informationen zu Bandbreitenanforderungen für Stromzangen finden Sie unter "Bandbreitenanforderungen" auf Seite 12.

Entzerren der Spannungstastköpfe und Stromzangen

Verwenden Sie den U1880A-Kalibrierungsadapter für genaue Leistungsverlustmessungen, um den Versatz für eventuelle Zeitverzögerungen zwischen Stromzangen- und Spannungstastkopf-Signalleitungen anzupassen.

Das Verfahren für die Entzerrung der Stromzangen und Messsonden wird unter Kapitel 2, “Erste Schritte,” ab Seite 17 beschrieben.

Tabelle 2 U1880A-Kalibrierungsadapter - Umgebungseigenschaften

Temperatur	Betrieb: -10 °C bis +55 °C Außer Betrieb: -20 °C bis +60 °C
Luftfeuchtigkeit	Betrieb: 95% relative Feuchtigkeit bei 40 °C für 24 Std. Außer Betrieb: 90% relative Feuchtigkeit bei 65 °C für 24 Std.
Höhe	Betrieb: bis 4.570 m Außer Betrieb: bis 15.244 m
Nur zur Verwendung in Innenräumen bestimmt	Dieses Gerät darf nur in Innenräumen benutzt werden.

2 Erste Schritte

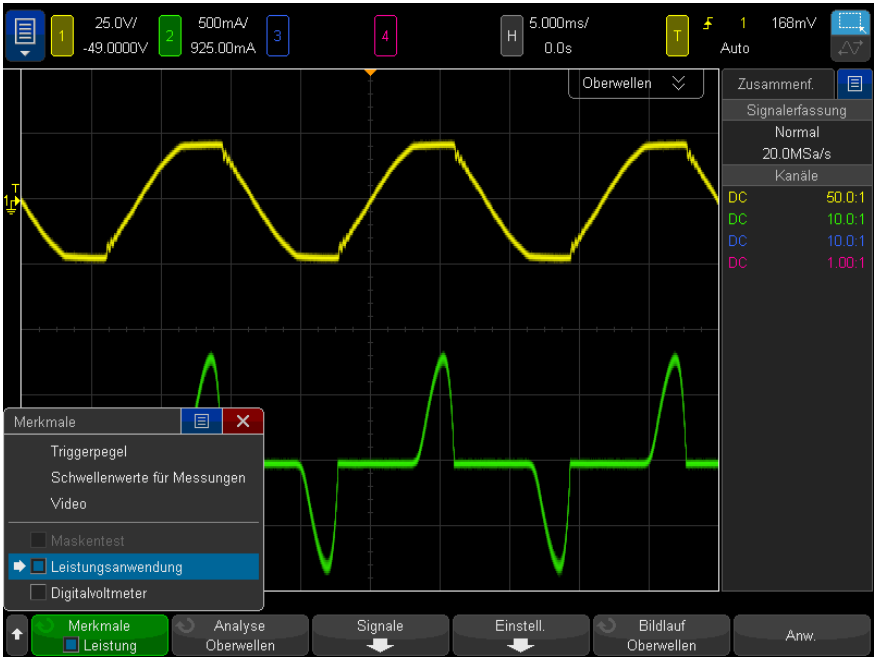
Schritt 1: Zugriff auf die Leistungsmessungsanwendung / 17
Schritt 2: Ausführen der Kanalkalibrierung / 18
Schritt 3: Auswählen des Leistungsanalysetyps / 22
Schritt 4: Anschließen des Messobjekts und Einrichten der Signale / 23
Schritt 5: Ändern der Analyseeinstellungen (falls verfügbar) / 24
Schritt 6: Anwenden der Analyse / 25
Schritt 7: Anzeigen der Analyseergebnisse / 25

Dieses Kapitel enthält einen Überblick über die Schritte, die bei den ersten Leistungsmessungen auszuführen sind.

Schritt 1: Zugriff auf die Leistungsmessungsanwendung

So greifen Sie auf die Leistungsmessungsanwendung im Oszilloskop zu:

1. Drücken Sie die Taste **[Analyze] Analyse**.
2. Klicken Sie auf **Funktionen** und wählen Sie dann **Leistungsanwendung**.
3. Klicken Sie erneut auf **Funktionen**, um die Leistungsmessungen zu aktivieren.



Näch. · "Schritt 2: Ausführen der Kanalkalibrierung" auf Seite 18

Schritt 2: Ausführen der Kanalkalibrierung

Um genaue Leistungsverlustmessungen auszuführen, müssen Sie eine Kalibrierung der Strom- und Spannungskanäle mit dem U1880A-Kalibrierungsadapter durchführen. Der Kanalkalibrierungsprozess kalibriert den Zeitverzug zwischen Stromzange und Spannungstastkopf.

Sie müssen den Kalibrierungsprozess am Anfang einmal ausführen. Außerdem sollten Sie den Prozess erneut ausführen, wenn sich etwas am Hardware-Setup (z. B. ein anderer Tastkopf oder Oszilloskopkanal usw.) oder an der Umgebungstemperatur ändert.

So führen Sie die Kanalkalibrierung aus:

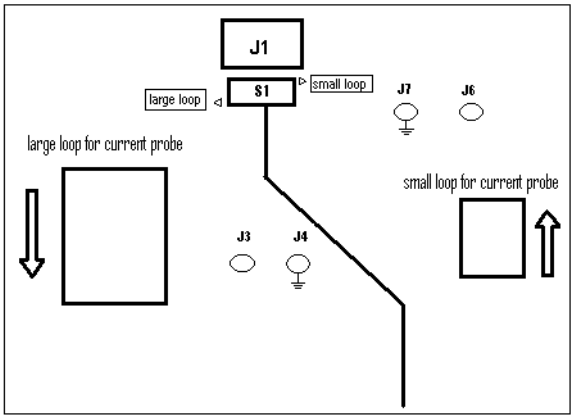
1 Als erstes müssen Sie die Stromzange demagnetisieren und nullstellen. Anweisungen für diese Vorgänge erhalten Sie in der Dokumentation zur Stromzange.

2 Mit dem U1880A Kalibrierungsadapter verbinden:

	Small Loop (kleiner Strom)	Large Loop (Großer Strom)
Für Stromzangen:	▪ 1147B (50 MHz, 15A) ▪ N2893A (10 MHz, 15A) ▪ N2782A (50 MHz, 30A) ▪ N2783A (100 MHz, 30A)	▪ N2780A (2 MHz, 500A) ▪ N2781A (10 MHz, 150A)
Schließen Sie Hochspannungs-Differenzialtastköpfe an einen der beiden an:	▪ J5 (2,54 mm Anschluss) ▪ J6 und J7 (Abgreiftyp)	▪ J2 (2,54 mm Anschluss) ▪ J3 und J4 (Abgreiftyp)

a Schließen Sie D+ und D- des Hochspannungs-Differenzialtastkopfs an den Kalibrierungsadapter an.

b Schließen Sie die Stromzange an den Stromkreis an, und zwar so, dass der Pfeil in Richtung des Stromflusses zeigt.



c Stellen Sie sicher, dass der Schalter am Kalibrierungsadapter auf der richtigen Position steht (entweder "small loop" oder "large loop").

d Schließen Sie den Kalibrierungsadapter mit einem USB-Kabel an einem USB-Anschluss am Oszilloskop oder am PC an. Der Adapter wird über den USB-Anschluss mit Strom versorgt.

3 Klicken Sie im Hauptmenü der Leistungsanwendung auf **Signale**.

4 Drücken Sie im Signalemenü der Leistungsanwendung den Softkey **Spannung** und wählen Sie mit dem Eingabedrehknopf den Analogkanal aus, der das Spannungssignal abtastet.

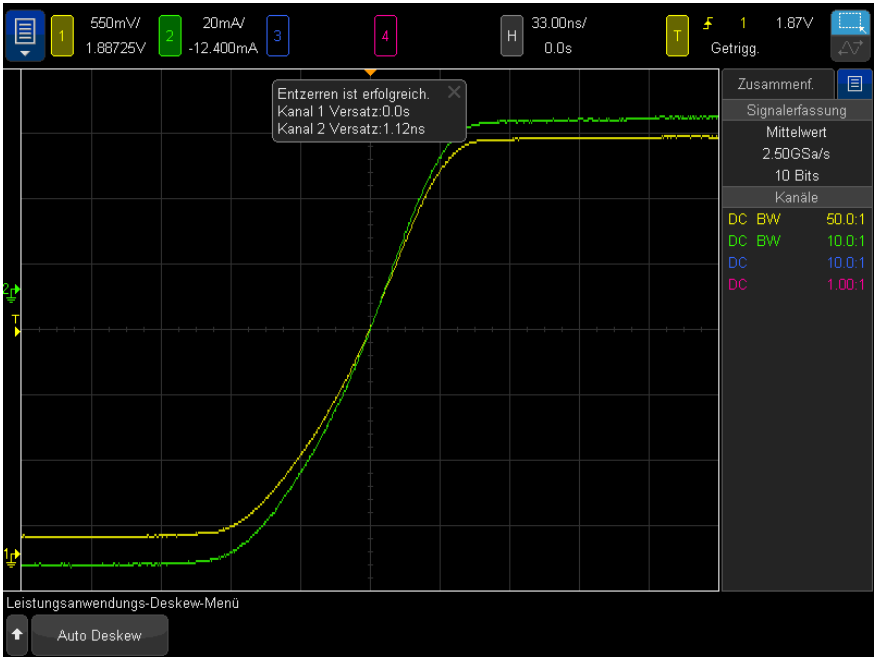
5 Drücken Sie den Softkey **Strom** und wählen Sie mit dem Eingabedrehknopf den Analogkanal aus, der das Stromsignal abtastet.

6 Drücken Sie den Softkey **Kalibrierung**.

7 Klicken Sie in der Leistungsanwendung im Kalibrierungsmenü auf **Auto Kalibrierung**.

HINWEIS Verwenden Sie, wann immer es möglich ist, die niedrigste Dämpfungseinstellung an den Hochspannungs-Differenzialtastköpfen, da die Spannungspegel am Kalibrierungsadapter sehr klein sind. Durch Verwenden einer höheren Dämpfungseinstellung können sich ungenaue Versatzwerte ergeben (und die vorgenommene Messung beeinflussen), da der Rauschpegel ebenfalls vergrößert wird.

Wenn der Kalibrierungsprozess abgeschlossen ist, erscheint eine Meldung, die angibt, ob die Kalibrierung erfolgreich war. Bei erfolgreicher Kalibrierung wird auch die verwendete Einstellung angegeben.



8 Drücken Sie zweimal die Taste Back Zurück/Nach Oben, um zum Menü Leistungsanwendung zurückzukehren.

Die Kalibrierungswerte werden im Oszilloskop gespeichert, bis eine Zurücksetzung auf Werkseinstellungen oder ein sicheres Löschen durchgeführt wird. Das nächste Mal, wenn Sie die Leistungsanwendung ausführen, können Sie die gespeicherten Kalibrierungswerte verwenden oder die Kalibrierung erneut durchführen.

Im Allgemeinen müssen Sie die Kalibrierung erneut durchführen, wenn mind. ein Teil der Testeinrichtung geändert (z. B. anderer Tastkopf, anderer Oszilloskopkanal usw.) wird oder sich die Umgebungstemperatur ändert.

Siehe auch
- *Benutzerhandbuch des U1880A Kalibrierungsadapters*.

Näch.
- "Schritt 3: Auswählen des Leistungsanalysetyps" auf Seite 22

Schritt 3: Auswählen des Leistungsanalysetyps

1 Drücken Sie im Hauptmenü der Leistungsanwendung den Softkey **Analyse** und drehen Sie den Eingabedrehknopf, um den Leistungsanalysetyp auszuwählen.

Die folgenden Leistungsanalysetypen sind verfügbar:

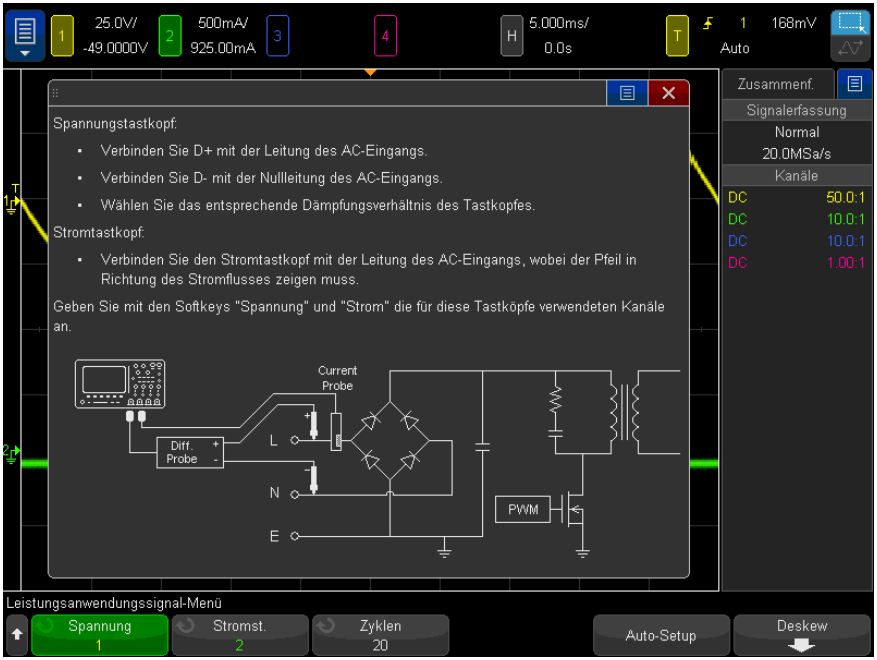
- Stromoberwellen
- Effektivität
- Einschaltstrom
- Modulation
- Leistungsqualität
- Schaltverlust
- Einschwingzeit
- Ein-/Ausschalten
- Ausgangswelligkeit
- Netzstörunterdrückungsverh. (PSRR)
- Anstiegsrate

Näch.
- "Schritt 4: Anschließen des Messobjekts und Einrichten der Signale" auf Seite 23

Schritt 4: Anschließen des Messobjekts und Einrichten der Signale

Für jeden Leistungsanalysetyp gibt es einen Softkey und ein Menü **Signale**. Mit diesen werden die zu verwendenden Oszilloskopkanäle und weitere zugehörige Optionen festgelegt.

1. Drücken Sie den Softkey **Signale** im Hauptmenü der Leistungsanwendung.
2. Im Signalemenü der Leistungsanwendung wird im Abbildungsdiagramm dargestellt, wie die Tastköpfe an das Messgerät und an das Oszilloskop angeschlossen werden müssen.



3. Im obenstehenden Beispiel würden Sie die Softkeys **Spannung** und **Strom** drücken und den geeigneten Analogkanal auswählen.

HINWEIS Stellen Sie sicher, dass Sie den richtigen Dämpfungsfaktor für den verwendeten Spannungstastkopf auswählen.

Der Dämpfungsfaktor multipliziert mit der maximalen Ausgangsspannung des Tastkopfes ergibt das maximale Eingangssignal. Zum Beispiel beträgt die maximale Ausgangsspannung des N2791A-Tastkopfs ±7V, so ergibt ein Dämpfungsverhältnis von 100:1 ein maximales Eingangssignal von ±700V.

HINWEIS Stellen Sie auch sicher, dass Sie den richtigen Dämpfungsfaktor für die verwendete Stromzange auswählen.

4 Wenn weitere Softkeys zum Einstellen weiterer Optionen verfügbar sind, wie z. B. der Softkey **Zyklen** im oberen Beispiel, dann nehmen Sie mit diesen entsprechende Einstellungen vor.

5 Drücken Sie den Softkey **Auto -Setup** (falls angezeigt), um den Spannungs- und Stromkanal automatisch zu skalieren und zu positionieren und möglicherweise die Zeit-/Div-Einstellung festzulegen.

6 Drücken Sie die Taste Back Zurück/Nach Oben, um zum Hauptmenü der Leistungsanwendung zurückzukehren.

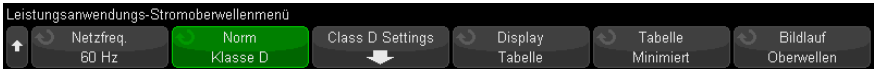
Näch. · "Schritt 5: Ändern der Analyseeinstellungen (falls verfügbar)" auf Seite 24

Schritt 5: Ändern der Analyseeinstellungen (falls verfügbar)

Wenn für den ausgewählten Leistungsanalysetyp Einstellungen verfügbar sind, wird der Softkey **Einstell.** oder andere Softkeys im Hauptmenü der Leistungsanwendung angezeigt. So legen Sie die Einstellungen der Leistungsanalyse fest:

1 Drücken Sie im Hauptmenü der Leistungsanwendung den Softkey **Einstell.** oder einen der anderen Softkeys, um die entsprechende Einstellung für den auszuführenden Analysetyp vorzunehmen.

Das Einstellungsmenü Stromoberwellen sieht zum Beispiel folgendermaßen aus:



Beschreibungen der für jede Leistungsanalyse verfügbaren Einstellungen finden Sie unter Kapitel 3, “Ausführen von Leistungsanalysen,” ab Seite 27.

2 Wenn Sie die Einstellungen geändert haben, kehren Sie zum Hauptmenü der Leistungsanwendung zurück (falls erforderlich durch Drücken der Taste Back Zurück/Nach oben).

Näch. · “Schritt 6: Anwenden der Analyse" auf Seite 25

Schritt 6: Anwenden der Analyse

Jede Leistungsanalyse besitzt einen Softkey **Anwenden** für den Start der Analyse.

1 Klicken Sie im Hauptmenü der Leistungsanwendung auf **Anwenden**.

Näch. · “Schritt 7: Anzeigen der Analyseergebnisse" auf Seite 25

Schritt 7: Anzeigen der Analyseergebnisse

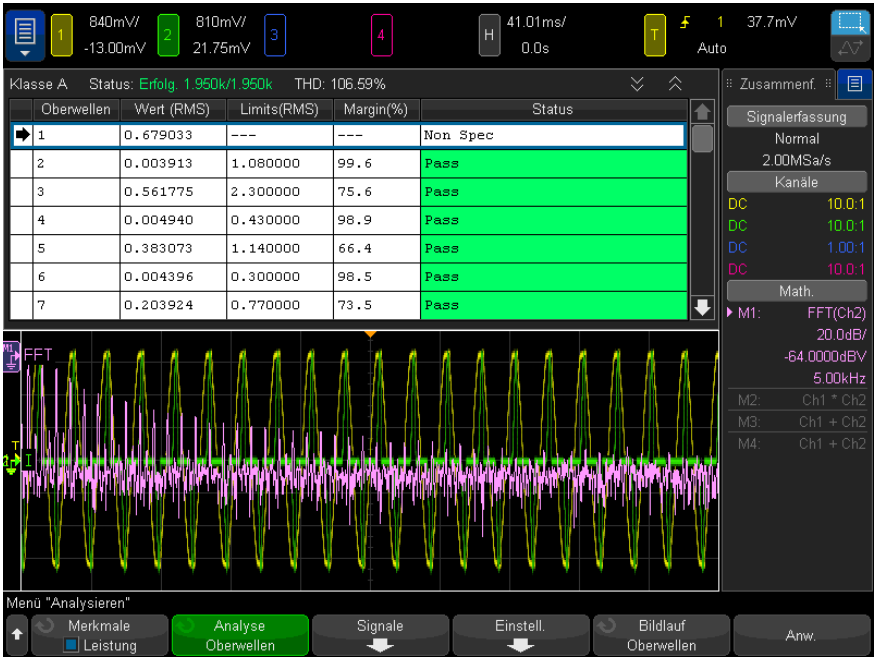
Sobald eine Leistungsanalyse abgeschlossen ist, können Sie die Ergebnisse auf folgende Arten anzeigen:

- Anzeigen der Ergebnisse der Leistungsanalyse auf dem Bildschirm
- Hinzufügen von automatischen Leistungsmessungen

Anzeigen der Leistungsanalyseergebnisse am Bildschirm

Ergebnisse der Leistungsanalyse werden auf dem Bildschirm des Oszilloskops angezeigt.

Hier sehen Sie zum Beispiel die Ergebnisse einer Analyse des Typs Stromoberwellen:



Hinzufügen automatischer Leistungsmessungen

Automatische Leistungsmessungen können Sie genauso wie automatische Spannungsmessungen (Spitze-zu-Spitze, Max., Min. usw) und Zeitmessungen (Frequenz, Periode, Anstiegs- und Abfallzeit usw.) hinzufügen. Siehe Kapitel 4, “Automatische Leistungsmessungen,” ab Seite 73.

Siehe auch

Weitere Informationen über die einzelnen Leistungsanalysetypen, deren Eingangssignale, Einstellungen und Ergebnisse finden Sie unter:

- Kapitel 3, “Ausführen von Leistungsanalysen,” ab Seite 27

3 Ausführen von Leistungsanalysen

Eingangsmessungen / 27
Messungen umschalten / 38
Messungen ausgeben / 54
Frequenzantwortmessungen / 66

In diesem Kapitel werden die Leistungsanalysen beschrieben, die Sie mit der Leistungsmessungsanwendung ausführen können, und zusätzlich das korrekte Anschließen der Messsonden am Messobjekt, die Signaleinrichtung, Einstellungen und Ergebnisse.

Eingangsmessungen

- "Leistungsqualität" auf Seite 27
- "Stromoberwellen" auf Seite 30
- "Einschaltstrom" auf Seite 36

Leistungsqualität

Die Leistungsqualitätsanalyse zeigt die Qualität der AC-Eingangsleitung an.

Etwas Wechselstrom fließt möglicherweise zurück in und aus der Last, ohne Energie zu liefern. Dieser Strom, auch Oberschwingungsstrom oder Blindstrom genannt, führt zu einem „scheinbaren" Leistungsanstieg. Die Leistung ist scheinbar höher als die tatsächlich verbrauchte Leistung. Die Leistungsqualität

wird anhand der folgenden Messungen beurteilt: Leistungsfaktor, Scheinleistung, Wirkleistung, Blindleistung, Scheitelfaktor und Phasenwinkel der Strom- und Spannungs-AC-Leitung.

Signaleinrichtung

1 Wenn im Hauptmenü der Leistungsanwendung die Analyse **Leistungsqualität** ausgewählt ist, drücken Sie den Softkey **Signale**.

2 Schließen Sie die Messsonden und Stromzangen an das Messobjekt und das Oszilloskop entsprechend dem Anschlussdiagramm an.

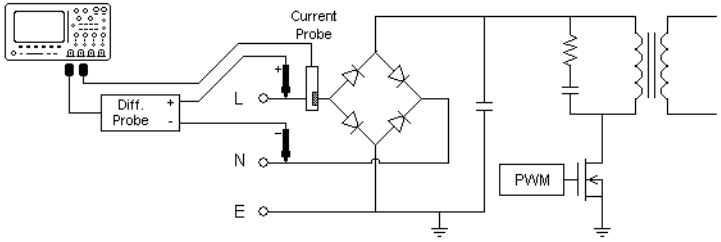


Abbildung 2 Typische Konfiguration für Analysetests der Eingangsleitung

a Schließen Sie D+ des Spannungstastkopfes an den stromführenden Draht des AC-Eingangs an.

b Schließen Sie D- des Spannungstastkopfes an den Nullleiterdraht des AC-Eingangs an.

c Wählen Sie am Spannungstastkopf das entsprechende Dämpfungsverhältnis aus.

d Verbinden Sie die Stromzange mit dem stromführenden Draht des AC-Eingangs, wobei der Pfeil in Richtung des Stromflusses zeigen muss.

e Schließen Sie den Spannungstastkopf und die Stromzange an die Eingangskanäle des Oszilloskops an.

3 Drücken Sie die Softkeys **Spannung** und **Stromst.** und stellen Sie sicher, dass der richtige Analogkanal ausgewählt ist.

4 Stellen Sie sicher, dass im Oszilloskop die richtigen Dämpfungsfaktoren für Spannungstastkopf und Stromzange ausgewählt sind.

5 Drücken Sie den Softkey **Zyklen**. Drehen Sie dann den Eingabedrehknopf, um die Anzahl an Zyklen auszuwählen, die in einer Signalerfassung erfasst werden sollen.

6 Drücken Sie den Softkey **Auto-Setup**, um automatisch die vertikale Skalierung und die Position der Spannungs- und Stromkanäle festzulegen.

   Zusätzlich wird die Leistungswellenform angezeigt, die der math. Multiplikationsoperator der Spannungs- und Stromwellenformen ist.

7 Drücken Sie Back die Zurück/Nach oben-Taste, um in das Hauptmenü der Leistungsanwendung zu wechseln.

Analyseergebnisse

Drücken Sie zum Ausführen der Analyse im Hauptmenü der Leistungsanwendung auf **Anw.**.

Wenn die Analyse abgeschlossen ist, werden die Ergebnisse angezeigt.

Die Spannungs- und Stromwellenformen und die Eingangsleistungswellenform (math Wellenformvielfaches von Spannung und Strom) werden angezeigt. Zusätzlich werden die von Ihnen ausgewählten und angewendeten Leistungsqualitätsmessungen angezeigt:

- **Leistungsfaktor** – Verhältnis zwischen Wirkleistung und Scheinleistung. Siehe hierzu "Leistungsfaktor" auf Seite 73.
- **Wirkleistung** – Der Teil des Leistungsflusses, der, gemittelt über einen gesamten Zyklus einer AC-Wellenform, die Nettoenergieübertragung in eine Richtung ergibt. Siehe hierzu "Wirkleistung" auf Seite 74.
- **Scheinleistung** – Der Teil des Leistungsflusses, der aufgrund von gespeicherter Energie in jedem Zyklus zurück zur Quelle fließt. Siehe hierzu "Scheinleistung" auf Seite 74.
- **Blindleistung** – Der Unterschied zwischen Scheinleistung und Wirkleistung aufgrund von Blindwiderstand. Siehe hierzu "Blindleistung" auf Seite 74.
- **Scheitelfaktor** – Scheitelfaktor ist das Verhältnis zwischen dem/der von der Last erforderten unverzögerten Spitzenstrom/-spannung und dem/der RMS-Strom/-Spannung (RMS = Root Mean Square ist der Effektivwert, ein Mittelwerttyp). Siehe hierzu "Scheitelfaktor" auf Seite 75.
- **Phasenwinkel** – Im *Kraftdreieck* (das rechte Dreieck, in dem Scheinleistung^2 = Wirkleistung^2 + Blindleistung^2) ist der Phasenwinkel der Winkel zwischen Scheinleistung und Wirkleistung. Er zeigt den Betrag der Blindleistung an. Siehe hierzu "Phasenwinkel" auf Seite 75.
- DC RMS über einen Zyklus. Weitere Informationen finden Sie im *Benutzerhandbuch* des Oszilloskops.
- Frequenz Weitere Informationen finden Sie im *Benutzerhandbuch* des Oszilloskops.

Leistungsqualitätsmessungen werden anhand der erfassten Spannungs- und Stromwellenformen geteilt durch die angegebene Zyklenanzahl berechnet.

Stromoberwellen

Schaltnetzteile ziehen einen Oberwellenbereich aus der AC-Stromversorgung.

Für diese Oberwellen sind Standardgrenzen festgelegt, da die Oberwellen zurück in das Versorgungsgitter laufen und Probleme mit anderen Geräten auf dem Gitter verursachen können.

Verwenden Sie diese Analyse, um die Stromoberwellen eines Schaltnetzteils entsprechend der Norm IEC61000-3-2 (Klasse A, B, C oder D) auf Konformität zu testen. Diese Analyse stellt bis zu 40 Oberwellen dar.

Signaleinrichtung

1 Wenn im Hauptmenü der Leistungsanwendung die Analyse **Stromoberwellen** ausgewählt ist, drücken Sie den Softkey **Signale**.

2 Schließen Sie die Messsonden und Stromzangen an das Messobjekt und das Oszilloskop entsprechend dem Anschlussdiagramm an.

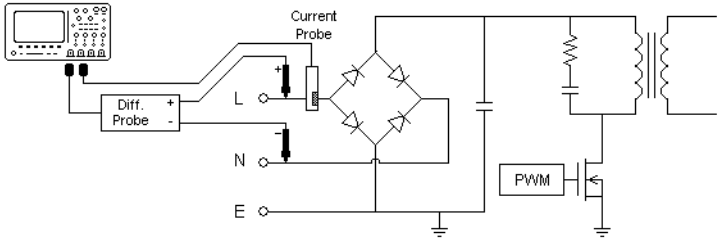


Abbildung 3 Typische Konfiguration für Analysetests der Eingangsleitung

a Schließen Sie D+ des Spannungstastkopfes an den stromführenden Draht des AC-Eingangs an.

b Schließen Sie D- des Spannungstastkopfes an den Nullleiterdraht des AC-Eingangs an.

c Wählen Sie am Spannungstastkopf das entsprechende Dämpfungsverhältnis aus.

d Verbinden Sie die Stromzange mit dem stromführenden Draht des AC-Eingangs, wobei der Pfeil in Richtung des Stromflusses zeigen muss.

e Schließen Sie den Spannungstastkopf und die Stromzange an die gewünschten Oszilloskopkanäle an.

3 Drücken Sie die Softkeys **Spannung** und **Stromst.** und stellen Sie sicher, dass die richtigen Analogkanäle ausgewählt sind.

4 Stellen Sie sicher, dass im Oszilloskop die richtigen Dämpfungsfaktoren für Spannungstastkopf und Stromzange ausgewählt sind.

5 Drücken Sie den Softkey **Zyklen**. Drehen Sie dann den Eingabedrehknopf, um die Anzahl an Zyklen auszuwählen, die in einer Signalerfassung erfasst werden sollen.

6 Drücken Sie den Softkey **Auto Setup**, um den Spannungs- und Stromkanal automatisch zu skalieren, zu positionieren und die entsprechende Zeit-/Div-Einstellung festzulegen.

Auch das Hanning FFT-Fenster (für bessere Frequenzauflösung und geringen Leck-Effekt) wird automatisch eingestellt. Wenn Sie Signale manuell einrichten, können Sie andere FFT-Fenster für die Analyse auswählen, zum Beispiel das Blackman-Harris-Fenster (für minimalen Leck-Effekt) oder das Hamming-Fenster (für bessere Frequenzauflösung und mäßigen Leck-Effekt).

7 Drücken Sie Back die Zurück/Nach oben-Taste, um in das Hauptmenü der Leistungsanwendung zu wechseln.

Einstellungen

1 Drücken Sie im Hauptmenü der Leistungsanwendung den Softkey **Einstell.**.

2 Nehmen Sie im Menü Oberwellen der Leistungsanwendung die entsprechenden Einstellungen vor.

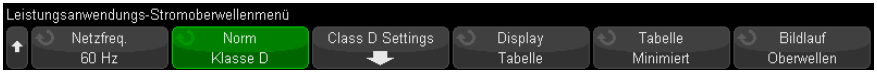


Tabelle 3 Einstellungen der Oberwellenanalyse

Einstellung	Beschreibung
Netzfrequenz	Geben Sie die Netzfrequenz ein.

Tabelle 3 Einstellungen der Oberwellenanalyse (continued)

Einstellung	Beschreibung
Standard	Wählen Sie den Standard für die Durchführung von Konformitätstests nach dem für Stromoberwellen. ▪ IEC 61000-3-2 Klasse A – für symmetrische Drehstromgeräte, Haushaltsgeräte (außer Geräte der Klasse D), Werkzeuge außer tragbare Werkzeuge, Dimmer für Glühlampen und Audiogeräte. ▪ IEC 61000-3-2 Klasse B – für tragbare Werkzeuge. ▪ IEC 61000-3-2 Klasse C – für Beleuchtungsanlagen. Die Klasse C erfordert eine Leistungsfaktorberechnung. Diese wird ausgeführt, wenn der Softkey **Anw.** (im Hauptmenü der Leistungsanwendung) gedrückt wird. Aus diesem Grund können Sie die Klasse C nur dann auswählen, wenn die Leistungsanwendung deaktiviert ist. Sie werden gezwungen **Anwenden** (erneut) zu drücken, um die Analyse auszuführen. ▪ IEC 61000-3-2 Klasse D – für Geräte mit einer vorgegebenen Leistung mit weniger als oder gleich 600 W des folgenden Typs: PC und PC-Monitore, Fernsehgeräte.
Klasse D-Einstellungen	Wenn der Klasse D-Standard ausgewählt ist, drücken Sie diesen Softkey, um das Klasse D-Einstellungsmenü der Leistungsanwendung zu öffnen. In diesem können Sie angeben, ob der für die Strom-je-Watt-Messung verwendete Wirkleistungswert von Oszilloskop gemessen oder benutzerdefiniert wird. Wenn benutzerdefiniert ausgewählt ist, geben Sie den Wert ein.
Anzeige	Wählen Sie, wie die Oberwellen angezeigt werden sollen: ▪ Tabelle. ▪ Balkendiagramm ▪ Aus – Ergebnisse der Oberwellenmessung werden nicht angezeigt.

Nachdem die Analyse ausgeführt wurde, können Sie zum Einstellungsmenü zurückkehren, um folgende Schritte auszuführen:

- Den Anzeigetyp ändern.
- Wenn Ergebnisse in Form eines Balkendiagramms oder einer Tabelle angezeigt werden, drücken Sie den Softkey **Oberwellen scrollen** und verwenden Sie den Eingabedrehknopf, um in aktuellen Oberwellenanalyseergebnissen zu scrollen.

- Wenn der Klasse D-Standard ausgewählt ist und die Ergebnisse in Form eines Balkendiagramms angezeigt werden, drücken Sie den Softkey **Anzeigen**, um auszuwählen, ob die Ergebnisse als RMS- oder Strom-je-Watt-Werte (mA/W) angezeigt werden. (Die Tabellenanzeigeoption enthält sowohl RMS- als auch mA/W-Werte.)

3 Wenn Sie mit dem Ändern der Einstellungen fertig sind, drücken Sie Back die Zurück/Nach oben-Taste, um in das Hauptmenü der Leistungsanwendung zu wechseln.

Analyseergebnisse

Drücken Sie zum Ausführen der Analyse im Hauptmenü der Leistungsanwendung auf **Anw.**.

Wenn die Analyse abgeschlossen ist, werden die Ergebnisse angezeigt.

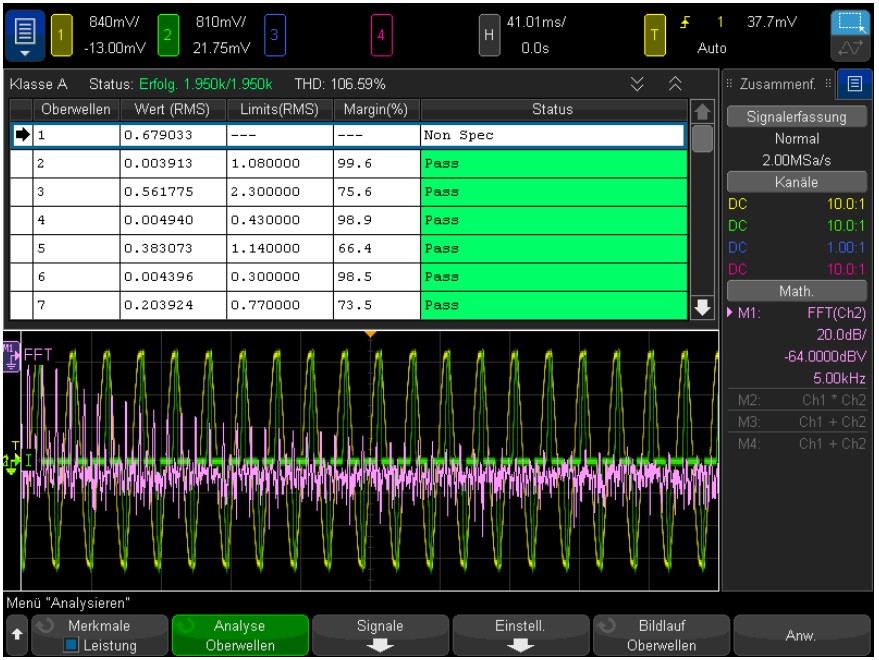


Tabelle 4 Ergebnisse des Stromoberwellentests

FFT-Wellenform	Zeigt die Frequenzkomponenten des Eingangsstroms an. Die FFT wird mit dem Hanning-Fenster errechnet.

Tabelle 4 Ergebnisse des Stromoberwellentests (continued)

Oberwelle, Ist-Wert (RMS), Grenze (RMS), Spanne, Erfolg/Fehler Status	Für die ersten 40 Oberwellen werden folgende Werte angezeigt: ▪ Ist-Wert (RMS) – der gemessene Wert in der im Parameter Oberwelleneinheit eingestellten Einheit. ▪ Grenze (RMS) – die im Parameter Stromoberwellenstandard ausgewählte Grenze. ▪ Spanne – die im Parameter Stromoberwellenstandard ausgewählte Spanne. ▪ Erfolg/Fehler-Status – gibt an, ob der Wert hinsichtlich des Parameters Stromoberwellenstandard dem Standard entspricht oder nicht. Die Zeilen in der Tabelle bzw. die Balken im Balkendiagramm sind entsprechend dem Status (erfolgreich/fehlgeschlagen) gefärbt. Randwerte sind größer als 85% des Grenzwerts aber kleiner als 100% des Grenzwerts.
THD (Gesamte harmonische Verzerrung - Total Harmonic Distortion)	$\mathrm{THD} = 100 \times \frac{\sqrt{X_2^2 + X_3^2 + X_n^2 + \ldots}}{X_1}$ Wobei: ▪ X_n = Spannung oder Strom einer jeden Oberschwingung ▪ X_1 = Grundspannungswert oder Grundstromwert

Speichern der Ergebnisse des Stromoberwellentests

So speichern Sie die Ergebnisse des Stromoberwellentests in einem USB-Speichermedium:

1. Drücken Sie die Taste **[Save/Recall] Speichern/Abrufen**.
2. Drücken Sie im Menü Speichern /Abrufen den Softkey **Speichern**.
3. Drücken Sie im Menü Speichern den Softkey **Format** und drehen Sie den Eingabedrehknopf, um **Leistungsoberwellendaten (*.csv)** auszuwählen.
4. Drücken Sie den Softkey in der zweiten Position und navigieren Sie mit dem Eingabedrehknopf zum Speicherort. Weitere Informationen zum Navigieren zu Speicherorten finden Sie im *Benutzerhandbuch* des Oszilloskops.
5. Drücken Sie abschließend den Softkey **Durch Drücken speichern**.

   Eine Nachricht über Erfolg/Misserfolg des Speicherns wird angezeigt.

Automatische Messungen

Sie können diese relevanten automatischen Messungen mit der Taste und dem Menü **[Meas] Mess.** hinzufügen.

Automatische Leistungsanwendungsmessungen:

- "Scheinleistung" auf Seite 74
- "Scheitelfaktor" auf Seite 75

Automatische Spannungsmessungen (Weitere Informationen im *Benutzerhandbuch* des Oszilloskops):

- AC - RMS

Einschaltstrom

Die Einschaltstromanalyse misst den Spitzeneinschaltstrom der Stromversorgung beim ersten Einschalten der Stromversorgung.

Signaleinrichtung

1. Wenn im Hauptmenü der Leistungsanwendung die Analyse **Einschalt.** ausgewählt ist, Drücken Sie den Softkey **Signale**.
2. Schließen Sie die Messsonden und Stromzangen an das Messobjekt und das Oszilloskop entsprechend dem Anschlussdiagramm an.

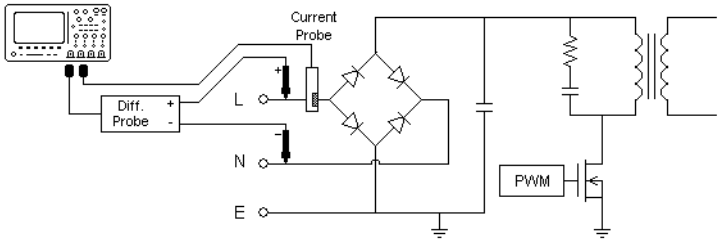


Abbildung 4 Typische Konfiguration für Analysetests des Einschaltstroms

a Schließen Sie D+ des Spannungstastkopfes an den stromführenden Draht des AC-Eingangs an.

b Schließen Sie D- des Spannungstastkopfes an den Nullleiterdraht des AC-Eingangs an.

c Wählen Sie am Spannungstastkopf das entsprechende Dämpfungsverhältnis aus.

d Verbinden Sie die Stromzange mit dem stromführenden Draht des AC-Eingangs, wobei der Pfeil in Richtung des Stromflusses zeigen muss.

e Schließen Sie den Spannungstastkopf und die Stromzange an die Eingangskanäle des Oszilloskops an.

3 Drücken Sie die Softkeys **Spannung** und **Strom** und stellen Sie sicher, dass die richtigen Analogkanäle ausgewählt sind.

4 Stellen Sie sicher, dass im Oszilloskop die richtigen Dämpfungsfaktoren für Spannungstastkopf und Stromzange ausgewählt sind.

5 Drücken Sie den Softkey **Erwartet**. Drehen Sie dann den Eingabedrehknopf, um die erwartete Amplitude des Einschaltstroms anzugeben. Dadurch wird die vertikale Skalierung des kanalabtastenden Stroms eingestellt.

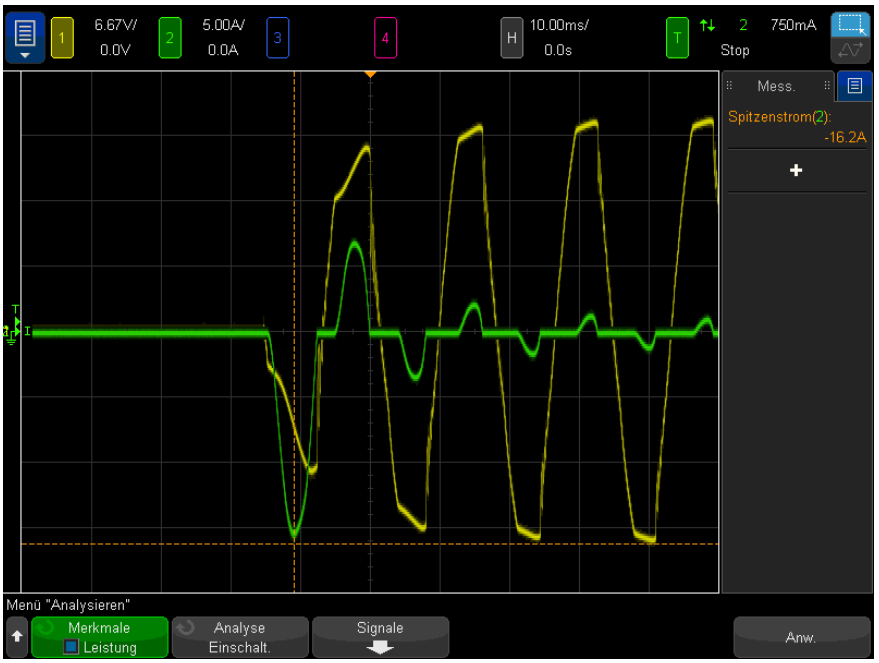
6 Drücken Sie den Softkey **Max Vin** und drehen Sie dann den Eingabedrehknopf, um die maximale Eingangsspannung anzugeben. Dadurch wird die vertikale Skalierung der kanalabtastenden Spannung eingestellt.

7 Drücken Sie die Taste Back Zurück/Nach Oben, um zum Hauptmenü der Leistungsanwendung zurückzukehren.

Analyseergebnisse

Drücken Sie zum Ausführen der Analyse im Hauptmenü der Leistungsanwendung auf **Anwenden**.

Befolgen Sie die Anweisungen auf dem Bildschirm. Wenn die Analyse abgeschlossen ist, werden die Ergebnisse angezeigt.



Die Spannungs- und Stromwellenformen werden angezeigt. Zusätzlich werden folgende automatische Leistungsmessungen angezeigt:

- "Spitzenstrom" auf Seite 77

Messungen umschalten

- "Rds(on) und Vce(sat)" auf Seite 39

- "Schaltverlust" auf Seite 42
- "Anstiegsrate" auf Seite 47
- "Modulation" auf Seite 50

Rds(on) und Vce(sat)

Die Rds(on) und Vce(sat) Analyse misst diese Eigenschaften eines Schaltgeräts. Sie weist darauf hin, ob ein Schaltgerät im Betrieb annähernd die im Datenblatt des Geräts angegebenen Werte erreicht.

Signaleinrichtung

1 Wenn im Hauptmenü der Leistungsanwendung die Analyse **Rds(on) & Vce(sat)** ausgewählt ist, drücken Sie den Softkey **Signale**.

2 Schließen Sie die Tastköpfe und Stromzangen an das Messobjekt und das Oszilloskop entsprechend dem Anschlussdiagramm an.

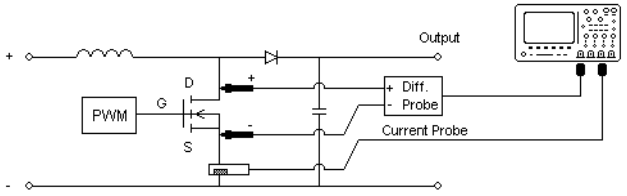


Abbildung 5 Typische Konfiguration für den Test einer Leistungsgerätanalyse

a Schließen Sie D+ des Spannungstastkopfes an die Source (Quelle) des MOSFET an.

b Schließen Sie D- des Spannungstastkopfes am Drain (Abfluss) des MOSFET an.

c Wählen Sie am Spannungstastkopf das entsprechende Dämpfungsverhältnis aus.

d Verbinden Sie den Stromtastkopf mit dem Drain (Abfluss) des MOSFET, wobei der Pfeil in Richtung des Stromflusses zeigen muss.

e Schließen Sie den Spannungstastkopf und die Stromzange an die Eingangskanäle des Oszilloskops an.

3 Drücken Sie die Softkeys **Spannung** und **Strom** und stellen Sie sicher, dass der richtige Analogkanal ausgewählt ist.

4 Stellen Sie sicher, dass im Oszilloskop die richtigen Dämpfungsfaktoren für Spannungstastkopf und Stromzange ausgewählt sind.

5 Drücken Sie auf den Softkey **Auto -Setup**, um automatisch die vertikale Skalierung und die Position der Spannungs- und Stromkanäle festzulegen.

6 Drücken Sie den Softkey **Offset-Kalibrierung**, um Schritt für Schritt durch ein Kalibrierungsverfahren geführt zu werden, mit dem der Offset-Fehler des Spannungseingangskanals und Stromeingangskanals gemessen wird, um Oszilloskop/Tastkopf-Offsetfehler zu korrigieren.

   Obwohl die benutzerdefinierte Kalibrierung des Oszilloskops (**[Utility] Hilfsprg.** > **Service**) für alle Vertikalskalierungseinstellungen aller Eingangskanäle Offsets mit einer Einteilung von ±0,1 kalibriert, kann dieser relativ kleine Offsetfehler zu signifikanten Schaltverlust-Messfehlern führen, besonders während der Leitungsphase, wenn die Spannung gegen Null beträgt, und auch außerhalb der Leitungsphase, wenn der Strom gegen Null beträgt. Hierbei handelt es sich um eine klassische Begrenzung des dynamischen Bereichs eines Oszilloskops, der beim Versuch auftritt, kleine Spannungen und/oder Stromstärken bei Vorhandensein großer Umschaltspannungen und/oder Stromstärken zu messen.

   Nach Durchführung der **Offset-Kalibrierung** werden Präzisionskalibrierfaktoren angewandt, wenn Sie auf den Softkey **Anwenden** drücken, um die Leistungsanalyse zu starten.

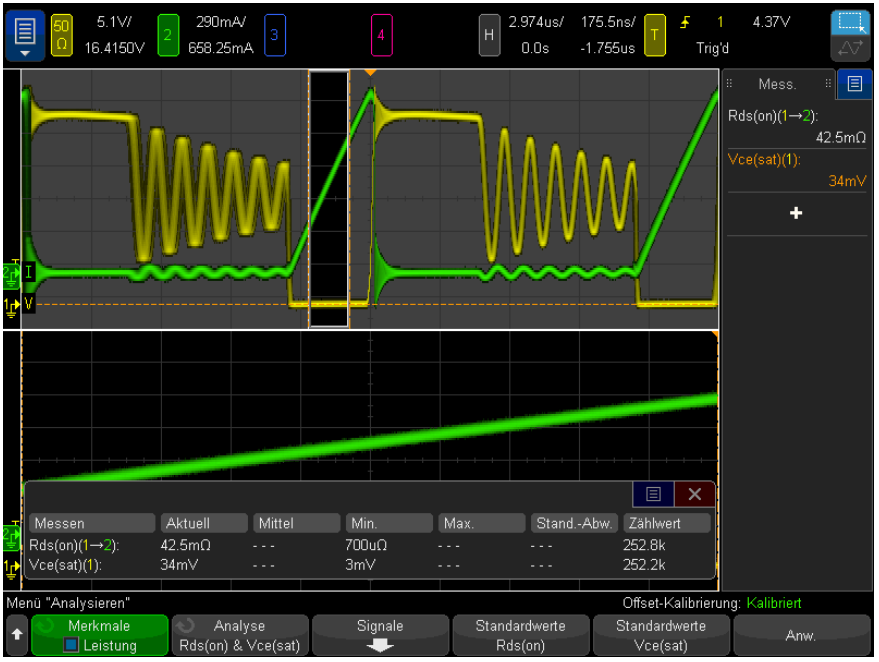
   Wenn Sie Änderungen an der vertikalen Skalierung der Spannungs- und/oder Stromwellenformen vornehmen, werden die Kalibrierungsfaktoren ungültig und eine rote Meldung erscheint im Menübereich, die darauf hinweist, dass eine neue **Offset-Kalibrierung** erforderlich ist. Öffnen Sie das Signalmenü und wählen Sie **Offset-Kalibrierung**, um neue Präzisionsfaktoren für die Offset-Kalibrierung der aktuellen Vertikalskalierungseinstellungen zu erstellen.

7 Drücken Sie die Taste Back Zurück/Nach Oben, um zum Menü Messungen zurückzukehren.

Analyseergebnisse

Drücken Sie zum Ausführen der Analyse im Hauptmenü der Leistungsanwendung auf **Anwenden**.

Wenn die Analyse abgeschlossen ist, werden die Ergebnisse angezeigt.



Die Spannungs- und Stromwellenformen werden angezeigt, sowie alle folgenden automatischen Leistungsmessungen und Statistiken:

- "Rds(on)" auf Seite 78
- "Vce(sat)" auf Seite 78

Die Verwendung von Rds(on) und Vce(sat) resultiert in der Schaltverlustanalyse

Sie können die Ergebnisse der Rds(on)- und Vce(sat)-Analyse bei der Schaltverlust-Leistungsanalyse verwenden:

- Drücken Sie **Rds(on) verwenden**, um die Schaltverlustanalyse mit konfigurierter Rds(on)-Leitungsberechnung und dem gemessenen mittleren Rds(on)-Wert zu starten.
- Drücken Sie **Vce(sat) verwenden**, um die Schaltverlustanalyse mit konfigurierter Vce(sat) Leitungsberechnung und dem gemessenen mittleren Vce(sat)-Wert zu starten.

Um eine präzisere Rds(on) und Vce(sat) Messung zu erhalten, verwenden Sie bei der Erfassung der Messstatistiken den Mittelungsmodus.

Schaltverlust

Die Schaltverlustanalyse berechnet die Leistung, die in den Schaltzyklen im Schaltgerät verloren geht. Typische Leistungsverluste:

- Während des Umschaltens von Vds und Id entstehende Schaltverluste.
- Leitungsverluste, die entstehen, wenn das Schaltgerät (MOSFET) eingeschaltet ist.

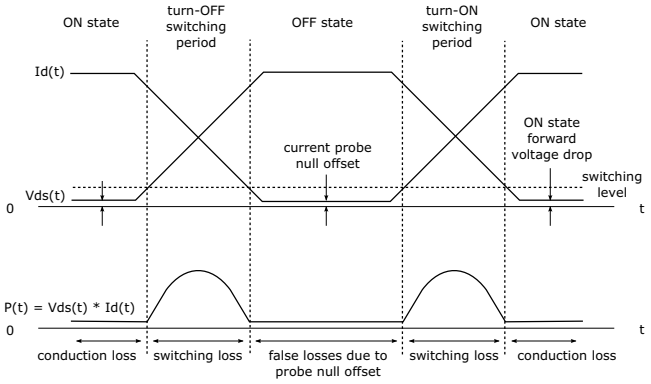


Abbildung 6 Verluste, die im Leistungsgerät vorkommen

Konstrukteure verbessern anhand dieser Informationen die Effektivität der Leistungsumwandlung des Netzteils.

Zusätzlich werden Daten über Schaltverluste verwendet, um den Leistungsverlust zu bestimmen, der an den Kühlkörper des Leistungsgeräts abgegeben wird.

Signaleinrichtung

1. Wenn im Hauptmenü der Leistungsanwendung die Analyse **Schaltverlust** ausgewählt ist, Drücken Sie den Softkey **Signale**.
2. Schließen Sie die Messsonden und Stromzangen an das Messobjekt und das Oszilloskop entsprechend dem Anschlussdiagramm an.

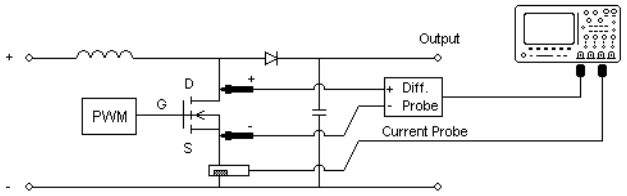


Abbildung 7 Typische Konfiguration für den Test einer Leistungsgerätanalyse

a Schließen Sie D+ des Spannungstastkopfes an die Source (Quelle) des MOSFET an.

b Schließen Sie D- des Spannungstastkopfes am Drain (Abfluss) des MOSFET an.

c Wählen Sie am Spannungstastkopf das entsprechende Dämpfungsverhältnis aus.

d Verbinden Sie den Stromtastkopf mit dem Drain (Abfluss) des MOSFET, wobei der Pfeil in Richtung des Stromflusses zeigen muss.

e Schließen Sie den Spannungstastkopf und die Stromzange an die Eingangskanäle des Oszilloskops an.

3 Drücken Sie die Softkeys **Spannung** und **Strom** und stellen Sie sicher, dass der richtige Analogkanal ausgewählt ist.

4 Stellen Sie sicher, dass im Oszilloskop die richtigen Dämpfungsfaktoren für Spannungstastkopf und Stromzange ausgewählt sind.

5 Drücken Sie den Softkey **Auto -Setup**, um automatisch die vertikale Skalierung und die Position der Spannungs- und Stromkanäle festzulegen.

6 Drücken Sie den Softkey **Offset-Kalibrierung**, um Schritt für Schritt durch ein Kalibrierungsverfahren geführt zu werden, mit dem der Offset-Fehler des Spannungseingangskanals und Stromeingangskanals gemessen wird, um Oszilloskop/Tastkopf-Offsetfehler zu korrigieren.

Obwohl die benutzerdefinierte Kalibrierung des Oszilloskops (**[Utility] Hilfsprg.** > **Service**) für alle Vertikalskalierungseinstellungen aller Eingangskanäle Offsets mit einer Einteilung von ±0,1 kalibriert, kann dieser relativ kleine Offsetfehler zu signifikanten Schaltverlust-Messfehlern führen, besonders während der Leitungsphase, wenn die Spannung gegen Null beträgt, und auch außerhalb der Leitungsphase, wenn der Strom gegen Null beträgt. Hierbei handelt es sich um eine klassische Begrenzung des dynamischen Bereichs eines Oszilloskops, der beim Versuch auftritt, kleine Spannungen und/oder Stromstärken bei Vorhandensein großer Umschaltspannungen und/oder Stromstärken zu messen.

Nach Durchführung der **Offset-Kalibrierung** werden Präzisionskalibrierfaktoren angewandt, wenn Sie auf den Softkey **Anwenden** drücken, um die Leistungsanalyse zu starten.

Wenn Sie Änderungen an der vertikalen Skalierung der Spannungs- und/oder Stromwellenformen vornehmen, werden die Kalibrierungsfaktoren ungültig und eine rote Meldung erscheint im Menübereich, die darauf hinweist, dass eine neue **Offset-Kalibrierung** erforderlich ist. Öffnen Sie das Signalmenü und wählen Sie **Offset-Kalibrierung**, um neue Präzisionsfaktoren für die Offset-Kalibrierung der aktuellen Vertikalskalierungseinstellungen zu erstellen.

7 Drücken Sie die Taste Zurück/Nach Oben, um zum Hauptmenü der Leistungsanwendung zurückzukehren.

Einstellungen

1 Drücken Sie im Hauptmenü der Leistungsanwendung den Softkey **Einstell.**.

2 Nehmen Sie im Menü Schaltverlust der Leistungsanwendung die entsprechenden Einstellungen vor.

Tabelle 5 Einstellungen der Schaltverlustanalyse

Einstellung	Beschreibung
V Ref.	Geben Sie den Schaltpegel für die Schaltkanten ein. Der Wert ist ein Prozentsatz der maximalen Schaltspannung. Sie können diesen Wert anpassen, um Eigenrauschen zu ignorieren. Dieser Wert gibt den Schwellenwert an, der zur Bestimmung der Schaltkanten verwendet wird.
I Ref.	Geben Sie den Schaltpegel für den Start von Schaltkanten ein. Der Wert ist ein Prozentsatz des maximalen Schaltstroms. Sie können diesen Wert anpassen, um Eigenrauschen oder Nullversatz zu ignorieren, der bei Strommesssonden schwer vermeidbar ist. Dieser Wert gibt den Schwellenwert an, der zur Bestimmung der Schaltkanten verwendet wird.

Tabelle 5 Einstellungen der Schaltverlustanalyse (continued)

Einstellung	Beschreibung

Leitung	Wählen Sie, wie der Wert für die Leitung berechnet werden soll:
	▪ Spannungswellenform – Die Leistungswellenform verwendet die Originaldaten und die Formel lautet: P = V x I
	▪ Rds(on) – Die Leistungswellenform umfasst auch FehlerbehebungRds-Wellenform (dynamischer EIN-Widerstand):
	  ▪ In der Ein-Zone (in der der Spannungspegel unter V Ref liegt) – lautet die Leistungsberechnungsformel: P = Id2 x Rds(on) Geben Sie **Rds(on)** mit dem zusätzlichen Softkey an.
	  ▪ In der Aus-Zone (in der der Strompegel unter I Ref liegt) – lautet die Leistungsberechnungsformel: P = 0 Watt.
	▪ Vce(sat) – Die Leistungswellenform beinhaltet Fehlerkorrektur:
	  ▪ In der Ein-Zone (in der der Spannungspegel unter V Ref liegt) – lautet die Leistungsberechnungsformel: P = Vce(sat) x Ic Geben Sie **Vce(sat)** mit dem zusätzlichen Softkey an.
	  ▪ In der Aus-Zone (in der der Strompegel unter I Ref liegt) – lautet die Leistungsberechnungsformel: P = 0 Watt.

3 Wenn Sie alle Einstellungen geändert haben, drücken Sie die Taste Back Zurück/Nach Oben, um zum Menü Messungen zurückzukehren.

Analyseergebnisse

Drücken Sie zum Ausführen der Analyse im Hauptmenü der Leistungsanwendung auf **Anwenden**.

Wenn die Analyse abgeschlossen ist, werden die Ergebnisse angezeigt.

Die Spannungs- und Stromwellenformen und die Leistungswellenform (math Wellenformvielfaches von Spannung und Strom) werden angezeigt. Zusätzlich werden folgende automatische Leistungsmessungen und Statistiken angezeigt:

- "Leistungsverlust" auf Seite 79
- "Leistungsverl./Zyk" auf Seite 79
- "Energieverlust" auf Seite 79

Automatische Messungen

Sie können diese relevanten automatischen Messungen mit der Taste und dem Menü **[Meas] Mess.** hinzufügen.

Automatische Zeitmessungen (Weitere Informationen im *Benutzerhandbuch* des Oszilloskops):

- Frequenz

Anstiegsrate

Die Anstiegsratenanalyse misst die Spannungs- oder Stromstärkenänderungsrate während des Schaltens.

Signaleinrichtung

1 Wenn im Hauptmenü der Leistungsanwendung die Analyse **Anstiegsrate** ausgewählt ist, drücken Sie auf den Softkey **Signale**.

2 Schließen Sie die Messsonden und Stromzangen an das Messobjekt und das Oszilloskop entsprechend dem Anschlussdiagramm an.

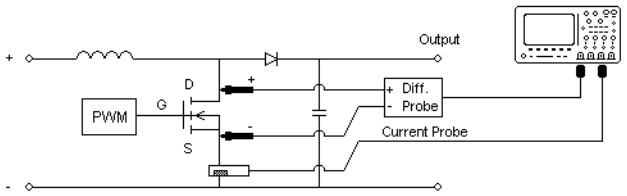


Abbildung 8 Typische Konfiguration für den Test einer Leistungsgerätanalyse

a Schließen Sie D+ des Spannungstastkopfes an die Source (Quelle) des MOSFET an.

b Schließen Sie D- des Spannungstastkopfes am Drain (Abfluss) des MOSFET an.

c Wählen Sie am Spannungstastkopf das entsprechende Dämpfungsverhältnis aus.

d Verbinden Sie den Stromtastkopf mit dem Drain (Abfluss) des MOSFET, wobei der Pfeil in Richtung des Stromflusses zeigen muss.

e Schließen Sie den Spannungstastkopf und die Stromzange an die Eingangskanäle des Oszilloskops an.

3 Drücken Sie die Softkeys **Spannung** und **Strom** und stellen Sie sicher, dass der richtige Analogkanal ausgewählt ist.

4 Stellen Sie sicher, dass im Oszilloskop die richtigen Dämpfungsfaktoren für Spannungstastkopf und Stromzange ausgewählt sind.

5 Drücken Sie den Softkey **Auto -Setup**, um automatisch die vertikale Skalierung und die Position der Spannungs- und Stromkanäle festzulegen.

6 Drücken Sie die Taste Back Zurück/Nach Oben, um zum Hauptmenü der Leistungsanwendung zurückzukehren.

Einstellungen

1 Drücken Sie im Hauptmenü der Leistungsanwendung den Softkey **Quelle** und wählen Sie anschließend mit dem Eingabedrehknopf entweder **dV/dt** oder **dI/dt** als Quelle für die Modulationsanalyse.

Analyseergebnisse

Drücken Sie zum Ausführen der Analyse im Hauptmenü der Leistungsanwendung auf **Anwenden**.

Wenn die Analyse abgeschlossen ist, werden die Ergebnisse angezeigt.

Die Spannungs- und Stromwellenformen und die Leistungswellenform (math. Wellenformvielfaches von Spannung und Strom) werden angezeigt.

Max- und Min-Messungen für die Differentiationswellenform werden hinzugefügt und angezeigt.

Tabelle 6 Anstiegsanalysetestergebnisse

dV/dt	$[y_{(n)} - y_{(n-1)}] / [x_{(n)} - x_{(n-1)}]$ misst die Anstiegsrate von Vds des Leistungsgeräts (MOSFET).
dI/dt	$[y_{(n)} - y_{(n-1)}] / [x_{(n)} - x_{(n-1)}]$ misst die Anstiegsrate von Id des Leistungsgeräts (MOSFET).

Modulation

Die Modulationsanalyse misst das Steuerimpulssignal an ein Schaltgerät (MOSFET), indem das Muster der Pulsbreite, des Tastverhältnisses, der Periode oder der Frequenz des Steuerimpulssignals als Antwort auf verschiedene Ereignisse beobachtet wird.

Signaleinrichtung

1 Wenn im Hauptmenü der Leistungsanwendung die Analyse **Modulation** ausgewählt ist, Drücken Sie den Softkey **Signale**.

2 Schließen Sie die Messsonden und Stromzangen an das Messobjekt und das Oszilloskop entsprechend dem Anschlussdiagramm an.

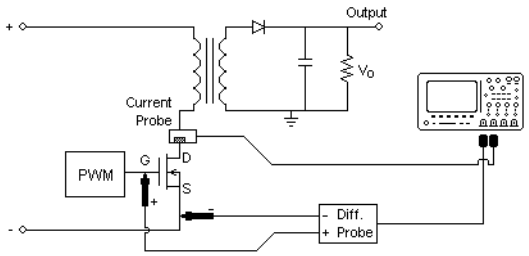


Abbildung 9 Verbindung im kontinuierlichen Modus für Modulationsanalysetests

a Schließen Sie D+ des Spannungstastkopfes an das Gate (Steuerelektrode) des MOSFET (Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistor) an.

b Schließen Sie D- des Spannungstastkopfes an die Source (Quelle) des MOSFET (Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistor) an.

c Wählen Sie am Spannungstastkopf das entsprechende Dämpfungsverhältnis aus.

d Schließen Sie die Stromzange am Drain (Abfluss) des MOSFET an.

e Schließen Sie den Spannungstastkopf und die Stromzange an die Eingangskanäle des Oszilloskops an.

3 Drücken Sie die Softkeys **Spannung** und **Strom** und stellen Sie sicher, dass die richtigen Analogkanäle ausgewählt sind.

4 Stellen Sie sicher, dass im Oszilloskop die richtigen Dämpfungsfaktoren für Spannungstastkopf und Stromzange ausgewählt sind.

5 Drücken Sie den Softkey **Dauer**. Drehen Sie dann den Eingabedrehknopf, um die Zeit für die Signalerfassung anzugeben. Dadurch wird die Zeitskalierung des Oszilloskops eingestellt.

6 Drücken Sie den Softkey **Auto -Setup**, um automatisch die vertikale Skalierung und die Position der Spannungs- und Stromkanäle festzulegen.

7 Passen Sie den Triggerpegel an, um Wellenformen in jedem Zyklus an der selben Stelle zu erfassen (d. h., um die Wellenformanzeige zu stabilisieren).

8 Drücken Sie die Taste Back Zurück/Nach Oben, um zum Hauptmenü der Leistungsanwendung zurückzukehren.

Einstellungen

1 Drücken Sie im Hauptmenü der Leistungsanwendung den Softkey **Quelle** und drehen Sie dann den Eingabedrehknopf, um entweder Spannung oder Strom als Quelle für die Modulationsanalyse auszuwählen.

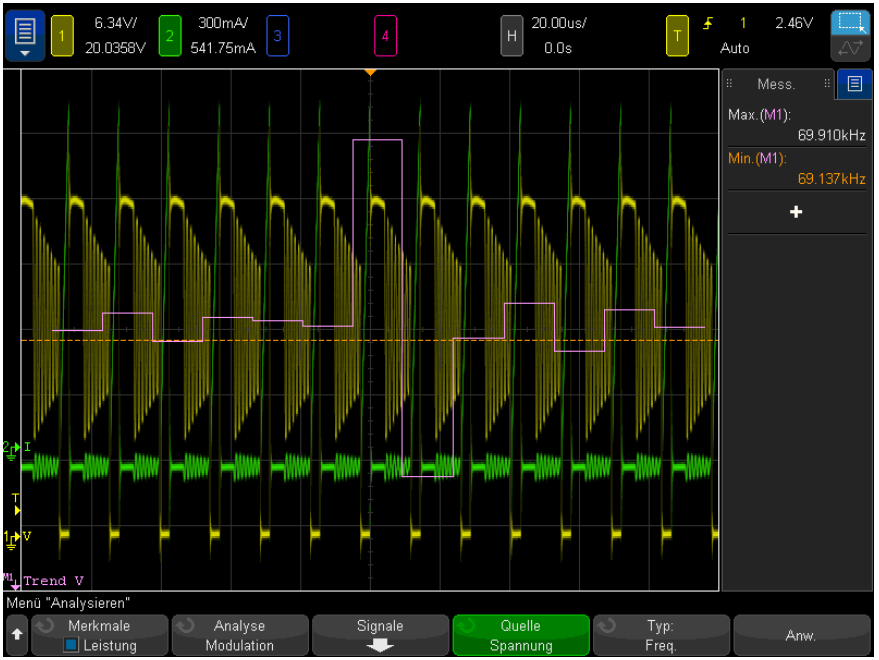
2 Drücken Sie den Softkey **Typ:** drehen Sie dann den Eingabedrehknopf, um den Messungstyp für die Modulationsanalyse auszuwählen:

- Mittelwert
- RMS - AC
- Ratio
- Periode
- Frequenz
- +Breite
- -Breite
- Tastgrad
- Anstiegszeit
- Abfallzeit

Analyseergebnisse

Drücken Sie zum Ausführen der Analyse im Hauptmenü der Leistungsanwendung auf **Anwenden**.

Wenn die Analyse abgeschlossen ist, werden die Ergebnisse angezeigt.



Die math. Wellenformvisualisierung „Messungstrend" wird verwendet, um die Messungsvariation für jeden Zyklus der Modulationswellenformen zu plotten.

Automatische Messungen

Sie können diese relevanten automatischen Messungen mit der Taste und dem Menü **[Meas] Mess.** hinzufügen.

Automatische Spannungsmessungen (Weitere Informationen im *Benutzerhandbuch* des Oszilloskops):

- Mittelung
- AC - RMS
- Ratio

Automatische Zeitmessungen (Weitere Informationen im *Benutzerhandbuch* des Oszilloskops):

- Periode
- Frequenz
- +Width

- -Width
- Arbeitszyklus
- Anstiegszeit
- Abfallzeit

Messungen ausgeben

- “Ausgangswelligkeit" auf Seite 54
- “Ein/Aus" auf Seite 56
- “Einschwingzeit" auf Seite 59
- “Effektivität" auf Seite 62

Ausgangswelligkeit

Diese Ausgangswelligkeitsanalyse misst die Restwelligkeit des Stromversorgungsausgangs.

Signaleinrichtung

1. Wenn im Hauptmenü der Leistungsanwendung die Analyse **Ausgangswelligkeit** ausgewählt ist, Drücken Sie den Softkey **Signale**.
2. Schließen Sie die Messsonden und Stromzangen an das Messobjekt und das Oszilloskop entsprechend dem Anschlussdiagramm an.

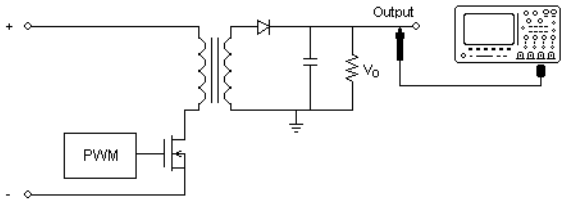


Abbildung 10 Typische Konfiguration des Ausgangsspannungswelligkeitstests

a Schließen Sie den Spannungstastkopf (passiv oder differenzial) am DC-Ausgang der Stromversorgung an.

b Schließen Sie den Spannungstastkopf an einen Eingangskanal des Oszilloskops an.

3 Drücken Sie den Softkey **Spannung** und stellen Sie sicher, dass der richtige Analogkanal ausgewählt ist.

4 Stellen Sie sicher, dass im Oszilloskop der richtige Dämpfungsfaktor für den Spannungstastkopf ausgewählt ist.

5 Drücken Sie den Softkey **Dauer**und drehen Sie den Eingabedrehknopf, um die Zeitskala für die Messung auszuwählen.

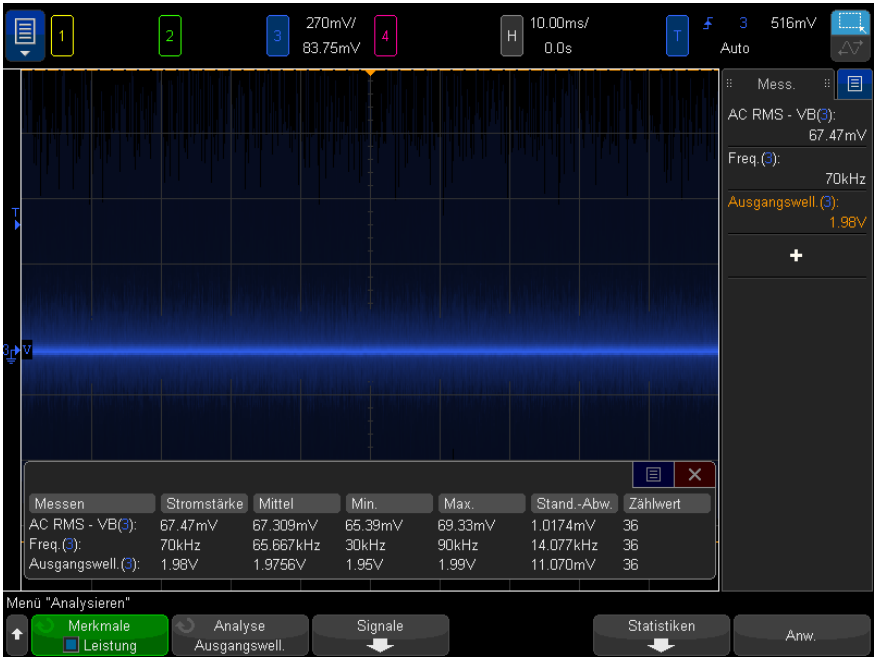
6 Drücken Sie den Softkey **Auto -Setup**, um automatisch die vertikale Skalierung, die Position des Spannungskanals und die Zeitskala festzulegen.

7 Drücken Sie die Taste Back Zurück/Nach Oben, um zum Hauptmenü der Leistungsanwendung zurückzukehren.

Analyseergebnisse

Drücken Sie zum Ausführen der Analyse im Hauptmenü der Leistungsanwendung auf **Anwenden**.

Wenn die Analyse abgeschlossen ist, werden die Ergebnisse angezeigt.



Die Ausgangsspannungswellenformen werden mit diesen automatischen Leistungsmessungen angezeigt:

- "Ausgangswelligkeit" auf Seite 75

Ein/Aus

Die Einschaltanalyse bestimmt, wie lange eine eingeschaltete Stromversorgung benötigt, um 90% ihres Dauerbetriebsausgangssignals zu erreichen.

Die Ausschaltanalyse bestimmt, wie lange eine abgeschaltete Stromversorgung benötigt, um die Ausgangsspannung auf 10% der Maximalspannung zu verringern.

Signaleinrichtung

1. Wenn im Hauptmenü der Leistungsanwendung die Analyse **Ein/Aus** ausgewählt ist, Drücken Sie den Softkey **Signale**.
2. Schließen Sie die Messsonden und Stromzangen an das Messobjekt und das Oszilloskop entsprechend dem Anschlussdiagramm an.

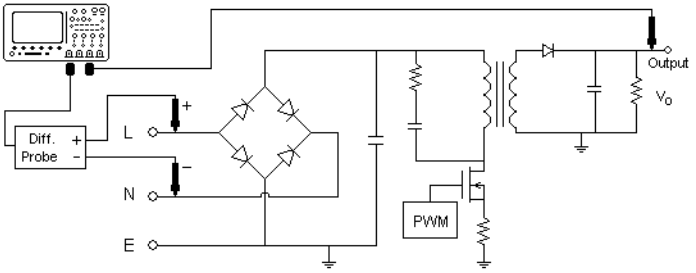


Abbildung 11 Typische Konfiguration von Ein/Aus-Analysetests

a Schließen Sie D+ des Eingangsspannungstastkopfes an den stromführenden Draht des AC-Eingangs an.

b Schließen Sie D- des Eingangsspannungstastkopfes an den Nullleiterdraht des AC-Eingangs an.

c Wählen Sie am Eingangsspannungstastkopf das entsprechende Dämpfungsverhältnis aus.

d Schließen Sie den Ausgangsspannungstastkopf (passiv oder differenzial) am DC-Ausgang der Stromversorgung an.

e Schließen Sie die Spannungstastköpfe an den Eingangskanälen des Oszilloskops an.

3 Drücken Sie die Softkeys **V Eingang** und **V Ausgang** und stellen Sie sicher, dass die richtigen Analogkanäle ausgewählt sind.

4 Stellen Sie sicher, dass im Oszilloskop die richtigen Dämpfungsfaktoren für die Spannungstastköpfe ausgewählt sind.

5 Drücken Sie den Softkey **Dauer**und drehen Sie den Eingabedrehknopf, um die Zeitskala für die Messung auszuwählen.

6 Drücken Sie den Softkey **Max Vin**und drehen Sie dann den Eingabedrehknopf, um die maximale Eingangsspannung anzugeben.

Geben Sie die maximale Quellenspannungsamplitude (Spitze-zu-Spitze) ein. Mit der Quellenspannung wird das Oszilloskop im Test "Einschaltzeit" ausgelöst.

Mit diesem Wert wird die vertikale Skalierung des Kanals angepasst, der die Eingangsspannung des Oszilloskops abtastet.

7 Drücken Sie den Softkey **Dauerh. Vout** und drehen Sie den Eingabedrehknopf, um die erwartete AC-Ausgangs-Dauerbetriebsspannung der Stromversorgung anzugeben.

Mit diesem Wert wird die vertikale Skalierung des Kanals angepasst, der die Ausgangsspannung des Oszilloskops abtastet.

8 Drücken Sie die Taste Back Zurück/Nach Oben, um zum Hauptmenü der Leistungsanwendung zurückzukehren.

Einstellungen

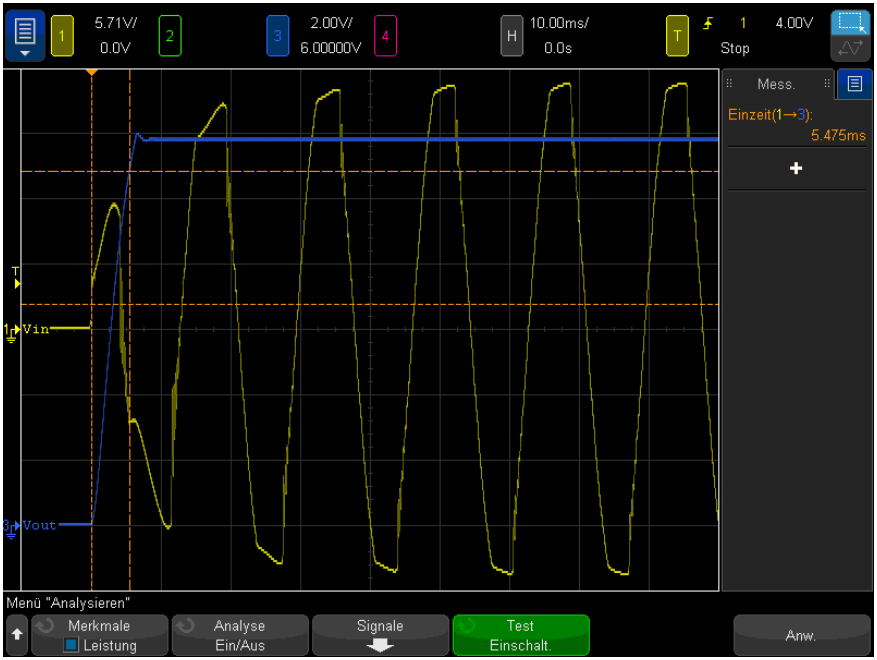
1 Drücken Sie im Hauptmenü der Leistungsanwendung den Softkey **Test** und drehen Sie am Eingabedrehknopf, um auszuwählen, ob eine Einschalt- oder Ausschaltanalyse durchgeführt werden soll:

- Einschaltanalyse – misst den Zeitraum, bis die Ausgangsspannung der Stromversorgung erreicht ist, nachdem die Eingangsspannung angelegt wurde.
- Ausschaltanalyse – misst den Zeitraum, bis die Ausgangsspannung der Stromversorgung ausgeschaltet ist, nachdem die Eingangsspannung entfernt wurde.

Analyseergebnisse

Drücken Sie zum Ausführen der Analyse im Hauptmenü der Leistungsanwendung auf **Anwenden**.

Befolgen Sie die Anweisungen auf dem Bildschirm. Wenn die Analyse abgeschlossen ist, werden die Ergebnisse angezeigt.



Die Eingangs- und Ausgangsspannungswellenformen werden angezeigt. Zusätzlich werden folgende automatische Leistungsmessungen angezeigt:

- "Einschaltzeit" auf Seite 78
- "Ausschaltzeit" auf Seite 78

Einschwingzeit

Die Einschwingzeitanalyse bestimmt, wie schnell die Ausgangsspannung eines Netzteils auf Änderungen an der Ausgangslast reagiert. Dies ist der Zeitraum ab dem Moment, an dem die Ausgangsspannung zum ersten Mal den Einschwingbereich verlässt bis zu dem Zeitpunkt, an dem sie das letzte Mal in den Einschwingbereich eintritt.

Signaleinrichtung

1. Wenn im Hauptmenü der Leistungsanwendung die Analyse **Einschwingzeit** ausgewählt ist, Drücken Sie den Softkey **Signale**.
2. Schließen Sie die Messsonden und Stromzangen an das Messobjekt und das Oszilloskop entsprechend dem Anschlussdiagramm an.

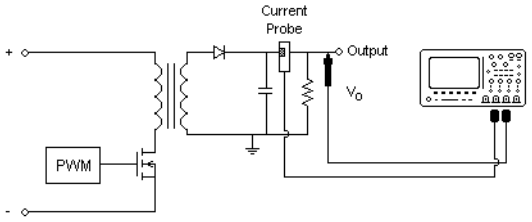


Abbildung 12 Typische Konfiguration für Leistungsausgangs-Einschwingzeit

a Schließen Sie den Spannungstastkopf (passiv oder differenzial) am DC-Ausgang der Stromversorgung an.

b Schließen Sie den Spannungstastkopf an einen Eingangskanal des Oszilloskops an.

c Verbinden Sie die Stromzange mit der Ausgangslast der Stromversorgung.

Die Änderung im Laststrom wird verwendet, um das Oszilloskop auszulösen und die Überspannungen zu erfassen.

d Schließen Sie die Stromzange an einen Eingangskanal des Oszilloskops an.

3 Drücken Sie die Softkeys **Spannung** und **Strom** und stellen Sie sicher, dass der richtige Analogkanal ausgewählt ist.

4 Stellen Sie sicher, dass im Oszilloskop die richtigen Dämpfungsfaktoren für Spannungstastkopf und Stromzange ausgewählt sind.

5 Drücken Sie den Softkey **Dauer**und drehen Sie den Eingabedrehknopf, um die Zeitskala für die Messung auszuwählen.

6 Drücken Sie den Softkey **Überschwingen** und drehen Sie den Eingabedrehknopf, um den Prozentsatz (%) an Überschwingen der Ausgangsspannung anzugeben.

Mit diesem Wert wird der Einschwingbereichswert für die Einschwingzeit ermittelt und die vertikale Skalierung des Oszilloskops angepasst.

7 Drücken Sie den Softkey **Dauerh. Vout** und drehen Sie den Eingabedrehknopf, um die erwartete AC-Ausgangs-Dauerbetriebsspannung der Stromversorgung anzugeben.

Mit diesem Wert und dem Überschwingungsprozentsatz wird der Einschwingbereich für die Einschwingzeit angegeben und die vertikale Skalierung des Oszilloskops angepasst.

8 Drücken Sie die Taste Back Zurück/Nach Oben, um zum Hauptmenü der Leistungsanwendung zurückzukehren.

Einstellungen

1 Drücken Sie im Hauptmenü der Leistungsanwendung den Softkey **Einstell.**.

2 Nehmen Sie im Menü Transient der Leistungsanwendung die entsprechenden Einstellungen vor.

Tabelle 7 Einstellungen für die Einschwingzeitanalyse

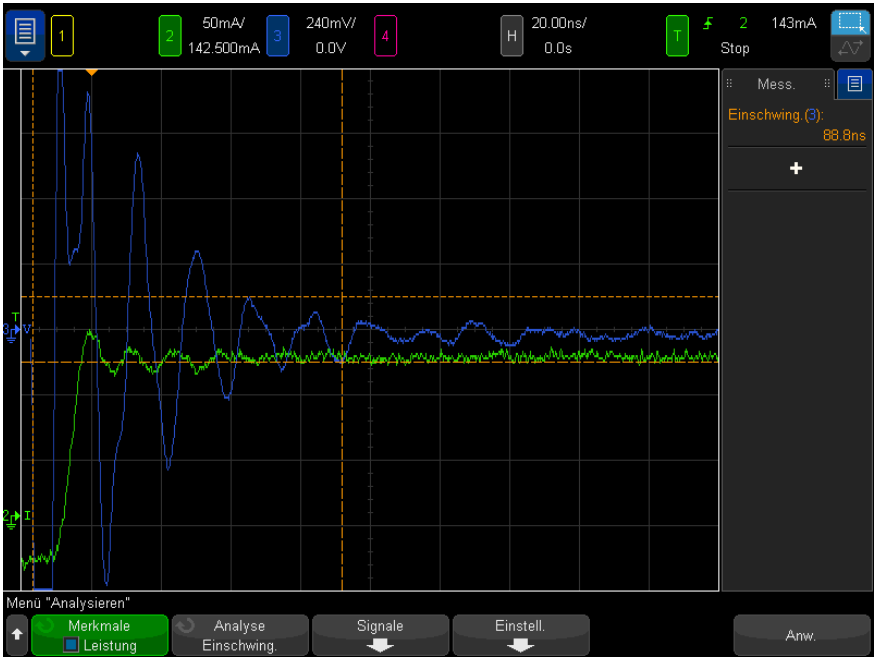
Einstellung	Beschreibung	Hinweise
Niedrigstrom	Geben Sie den Wert für den Niedrigstrom ein. Dies ist der erwartete Wert für Niedrigstrom vor oder nach der Laständerung.	Die Werte für den Niedrigstrom und Hochstrom werden zur Berechnung des Triggerpegels und Anpassung der vertikalen Skalierung des Oszilloskops verwendet. Während sich die Last verändert und der Strom vom niedrigen Wert zum hohen wechselt (oder umgekehrt), triggert das Oszilloskop und misst die Transientenantwort-Einschwingzeit.
Hochstrom	Geben Sie den Wert des Hochstroms an. Dies ist der erwartete Wert für Hochstrom vor oder nach der Laständerung.	

3 Wenn Sie alle Einstellungen geändert haben, drücken Sie die Taste Back Zurück/Nach Oben, um zum Menü Messungen zurückzukehren.

Analyseergebnisse

Drücken Sie zum Ausführen der Analyse im Hauptmenü der Leistungsanwendung auf **Anwenden**.

Befolgen Sie die Anweisungen auf dem Bildschirm. Wenn die Analyse abgeschlossen ist, werden die Ergebnisse angezeigt.



Die Spannungs- und Stromwellenformen werden angezeigt. Es Sind Start- und Endzeitstempel vorhanden, die den Messbereich anzeigen. Zusätzlich werden folgende automatische Leistungsmessungen angezeigt:

- "Einschwingverhalten" auf Seite 77

Effektivität

Die Effektivitätsanalyse testet die Gesamteffektivität der Stromversorgung, indem sie die Ausgangsleistung im Verhältnis zur Eingangsleistung misst. Diese Analyse erfordert ein Oszilloskop mit 4 Kanälen, da Eingangsspannung, Eingangsstrom, Ausgangsspannung und Ausgangsstrom gemessen werden.

Signaleinrichtung

1. Wenn im Hauptmenü der Leistungsanwendung die Analyse **Effektivität** ausgewählt ist, Drücken Sie den Softkey **Signale**.
2. Schließen Sie die Messsonden und Stromzangen an das Messobjekt und das Oszilloskop entsprechend dem Anschlussdiagramm an.

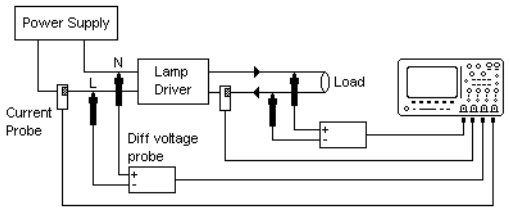


Abbildung 13 Typische Konfiguration eines Effektivitätsanalysetests

a Schließen Sie D+ des Eingangsspannungstastkopfes an den stromführenden Draht des AC-Eingangs an.

b Schließen Sie D- des Eingangsspannungstastkopfes an den Nullleiterdraht des AC-Eingangs an.

c Wählen Sie am Eingangsspannungstastkopf das entsprechende Dämpfungsverhältnis aus.

d Verbinden Sie die Eingangsstromzange mit dem stromführenden Draht des AC-Eingangs, wobei der Pfeil in Richtung des Stromflusses zeigen muss.

e Schließen Sie D+ des Ausgangsspannungstastkopfes an der Eingangsleitung der Last an.

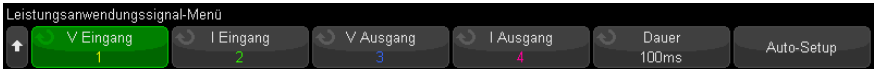
f Schließen Sie D- des Ausgangsspannungstastkopfes an der Rückleitung der Last an.

g Wählen Sie am Ausgangsspannungstastkopf das entsprechende Dämpfungsverhältnis aus.

h Verbinden Sie die Ausgangsstromzange mit der Eingangsleitung der Last, wobei der Pfeil in Richtung des Stromflusses zeigen muss.

i Schließen Sie den Spannungstastkopf und die Stromzange an die Eingangskanäle des Oszilloskops an.

3 Drücken Sie die Softkeys **V Eingang**, **I Eingang**, **V Ausgang** und **I Ausgang** und stellen Sie sicher, dass die richtigen Analogkanäle ausgewählt sind.



4 Stellen Sie sicher, dass im Oszilloskop die richtigen Dämpfungsfaktoren für Spannungstastkopf und Stromzange ausgewählt sind.

5 Drücken Sie den Softkey **Dauer**. Drehen Sie dann den Eingabedrehknopf, um die Zeit für die Signalerfassung anzugeben. Dadurch wird die Zeitskalierung des Oszilloskops eingestellt.

6 Drücken Sie den Softkey **Auto -Setup**, um automatisch die vertikale Skalierung und die Position der Spannungs- und Stromkanäle festzulegen.

7 Drücken Sie die Taste Back Zurück/Nach Oben, um zum Hauptmenü der Leistungsanwendung zurückzukehren.

Einstellungen

1 Drücken Sie den Softkey **Typ**, um den Typ Strom auszuwählen, der vom Eingang zum Ausgang konvertiert wird.

Ihre Auswahl betrifft die Art und Weise der Effizienzmessung.

Analyseergebnisse

Drücken Sie zum Ausführen der Analyse im Hauptmenü der Leistungsanwendung auf **Anwenden**.

Wenn die Analyse abgeschlossen ist, werden die Ergebnisse angezeigt.

Die Wellenformen von Eingangsspannungs, Eingangsstrom, Ausgangsspannung und Ausgangsstrom und die Eingangsleistungswellenform (math Wellenformvielfaches von Eingangsspannung und Eingangsstrom) werden angezeigt. Zusätzlich werden folgende automatische Leistungsmessungen und Statistiken angezeigt:

- "Eingangsleistung" auf Seite 76
- "Ausgangsleistung" auf Seite 76
- "Effektivität" auf Seite 76

Automatische Messungen

Sie können diese relevanten automatischen Messungen mit der Taste und dem Menü **[Meas] Mess.** hinzufügen.

Automatische Leistungsanwendungsmessungen:

- "Wirkleistung" auf Seite 74
- "Scheinleistung" auf Seite 74
- "Blindleistung" auf Seite 74
- "Leistungsfaktor" auf Seite 73

- "Phasenwinkel" auf Seite 75

Automatische Spannungsmessungen (Weitere Informationen im *Benutzerhandbuch* des Oszilloskops):

- AC - RMS
- DC - RMS
- Maximal
- Minimum
- Spitze-Spitze

Automatische Zeitmessungen (Weitere Informationen im *Benutzerhandbuch* des Oszilloskops):

- Frequenz
- Phase

Frequenzantwortmessungen

- "Netzstörunterdrückungsverh. (PSRR)" auf Seite 66
- "Regelkreisverhalten (Bode)" auf Seite 69

Netzstörunterdrückungsverh. (PSRR)

Mit dem PSRR-Test wird bestimmt, wie gut ein Spannungsregler Restwelligkeit über verschiedene Frequenzbereiche unterdrückt.

Diese Analyse stellt ein Signal aus dem Wellenformgenerator des Oszilloskops bereit, welches dessen Frequenz wobbelt. Mit diesem Signal wird Welligkeit in die DC-Spannung gebracht, die den Spannungsregler versorgt.

Das AC-RMS-Verhältnis des Eingangs zum Ausgang wird gemessen und über dem Frequenzbereich dargestellt.

Es gibt viele verschiedene Methoden, um PSRR zu messen. Da das Oszilloskop ein höheres Eigenrauschen und niedrigere Empfindlichkeit als ein Netzwerkanalyzer hat, ist es schwierig PSRR besser als bis -60 dB zu messen. Der PSRR-Test mit dem Oszilloskop ist normalerweise geeignet, um stichprobenartig das allgemeine PSRR-Verhalten einer getesteten Stromversorgung zu prüfen.

Signaleinrichtung

1 Wenn im Hauptmenü der Leistungsanwendung die Analyse **Netzstörunterdrückungsverhältnis (PSRR)** ausgewählt ist, drücken Sie den Softkey **Signale**.

2 Schließen Sie die Messsonden und Stromzangen an das Messobjekt und das Oszilloskop entsprechend dem Anschlussdiagramm an.

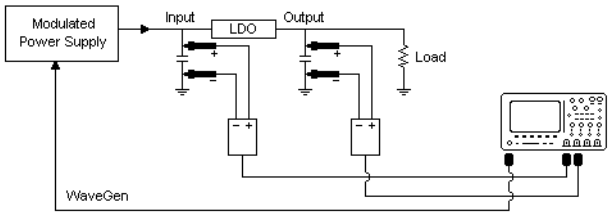


Abbildung 14 Typische Konfiguration für eine PSRR-Analyse

a Schließen Sie einen Spannungstastkopf (passiv oder differenzial) am Eingang des Low-Drop Spannungsreglers (LDO) (und Erdung) an.

b Schließen Sie einen zweiten Spannungstastkopf (passiv oder differenzial) am Ausgang des Low-Drop Spannungsreglers (LDO) (und Erdung) an.

c Schließen Sie den Wellenformgeneratorausgang an der modulierten Stromversorgung an.

Ein Beispiel für eine modulierte Stromversorgung ist die TS200 Option 1A von Accel Instruments. Sie können auch einen Überlagerungstrafo verwenden, um das Wellenformgeneratorsignal des Oszilloskops in einen Stromversorgungsausgang zu bringen, der mit dem Low-Drop-Spannungsregler (LDO) verbunden ist. In diesem Fall ersetzt die Kombination aus Überlagerungstrafo und Stromversorgung eine modulierte Stromversorgung (wie TS200).

3 Drücken Sie die Softkeys **V Eingang** und **V Ausgang** und stellen Sie sicher, dass die richtigen Analogkanäle ausgewählt sind.

4 Stellen Sie sicher, dass im Oszilloskop die richtigen Dämpfungsfaktoren für die Spannungstastköpfe ausgewählt sind.

5 Drücken Sie Back die Zurück/Nach oben-Taste, um in das Hauptmenü der Leistungsanwendung zu wechseln.

Einstell.

1 Drücken Sie im Hauptmenü der Leistungsanwendung den Softkey **Einstell.**.

2 Nehmen Sie im Menü PSRR der Leistungsanwendung die entsprechenden Einstellungen vor.

Tabelle 8 Einstellungen der Schaltverlustanalyse

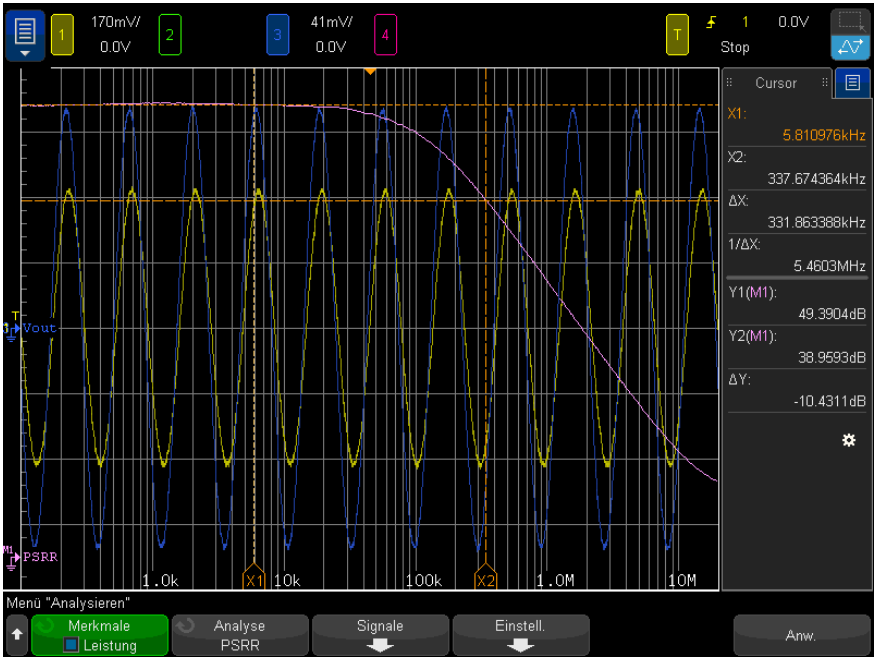
Einstellung	Beschreibung
Min. Freq.	Legt den Startkippfrequenzwert fest. Die Messung wird auf einer Log-Skala angezeigt, daher können Sie aus Dekadenwerten wählen.
Max. Freq.	Legt den Endkippfrequenzwert fest. Die Messung wird auf einer Log-Skala angezeigt, daher können Sie zusätzlich zur Maximalfrequenz von 20 MHz aus Dekadenwerten auswählen.
Max. Ratio	Gibt die anfängliche vertikale Skalierung der math. PSRR-Wellenform an.
Amplitude	Legt den Amplitudenwert für den Wellenformgenerator fest.
Ausgangslast	Legt die erwartete Wellenformgenerator-Ausgangslastimpedanz fest.

3 Wenn Sie mit dem Ändern der Einstellungen fertig sind, drücken Sie Back die Zurück/Nach oben-Taste, um in das Hauptmenü der Leistungsanwendung zu wechseln.

Analyseergebnisse

Drücken Sie zum Ausführen der Analyse im Hauptmenü der Leistungsanwendung auf **Anw.**.

Wenn die Analyse abgeschlossen ist, werden die Ergebnisse angezeigt.



Die Eingangs- und Ausgangsspannungswellenformen und die math. PSRR-Wellenform werden angezeigt. Die Nachführungs-X- und Y-Cursor werden auch angezeigt, um die Verhältnis-dB-Werte bei verschiedenen Frequenzen anzuzeigen.

Wenn die Analyse abgeschlossen ist, können die mathematische Skalierung und die Offset-Knöpfe verwendet werden, um die im PSRR-Plot verwendete Skalierung und den Offset anzupassen.

Regelkreisverhalten (Bode)

Die Regelkreisverhaltensanalyse (Bode) führt eine Verstärkungs-/Phasen-Plot-über-Frequenz-Zeitablenkung aus. Mit diesem wird der Bereich eines Regelkreises bestimmt.

Phasenmessung und Plots sind nur möglich, wenn die Eingangs- und Ausgangswellenformen 1 Division Spitze-Spitze übersteigen (>1 mVpp).

Signaleinrichtung

1 Wenn im Hauptmenü der Leistungsanwendung die Analyse **Regelkreisverhalten (Bode)** ausgewählt ist, drücken Sie den Softkey **Signale**.

2 Schließen Sie die Messsonden und Stromzangen an das Messobjekt und das Oszilloskop entsprechend dem Anschlussdiagramm an.

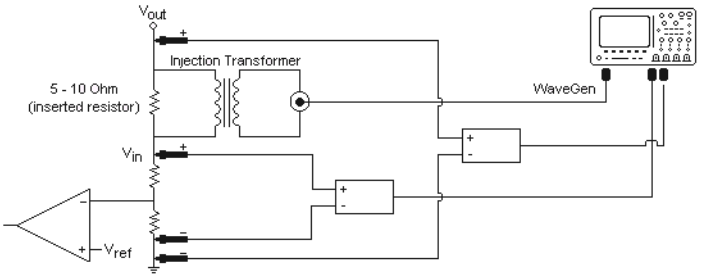


Abbildung 15 Typische Konfiguration für Regelkreisverhaltensanalyse

a Schließen Sie einen Spannungstastkopf (passiv oder differenzial) am Eingang des Einspeisewiderstands (und Erdung) an.

b Schließen Sie einen zweiten Spannungstastkopf (passiv oder differenzial) am Ausgang des Einspeisewiderstands (und Erdung) an.

c Verbinden Sie den Ausgang des Wellenformgenerators mit dem Einspeisetransformator, der parallel mit einem Niedrig-Ohm-Einspeisewiderstand verbunden ist.

Der Einspeisewiderstand sollte am Niedrigimpedanz-Ausgangsknoten platziert werden, über dem High-Side-Feedback-Widerstand im Feedback-Pfad.

3 Drücken Sie die Softkeys **V Eingang** und **V Ausgang** und stellen Sie sicher, dass die richtigen Analogkanäle ausgewählt sind.

4 Stellen Sie sicher, dass im Oszilloskop die richtigen Dämpfungsfaktoren für die Spannungstastköpfe ausgewählt sind.

5 Drücken Sie Back die Zurück/Nach oben-Taste, um in das Hauptmenü der Leistungsanwendung zu wechseln.

Einstell.

1 Drücken Sie im Hauptmenü der Leistungsanwendung den Softkey **Einstell.**.

2 Nehmen Sie im Regelkreisverhaltensmenü (Bode) der Leistungsanwendung die entsprechenden Einstellungen vor.

Tabelle 9 Einstellungen der Schaltverlustanalyse

Einstellung	Beschreibung
Start-Freq.	Legt den Startkippfrequenzwert fest. Die Messung wird auf einer Log-Skala angezeigt, daher können Sie aus Dekadenwerten wählen.
Stopp-Freq.	Legt den Endkippfrequenzwert fest. Die Messung wird auf einer Log-Skala angezeigt, daher können Sie zusätzlich zur Maximalfrequenz von 20 MHz aus Dekadenwerten auswählen.
Y Min	Gibt den anfänglichen Minimumwert der vertikalen Skalierung des Bodeplots an.
Y Max	Gibt den anfänglichen Maximumwert der vertikalen Skalierung des Bodeplots an.
Amplitude	Legt den Amplitudenwert für den Wellenformgenerator fest.
Ausgangslast	Legt die erwartete Wellenformgenerator-Ausgangslastimpedanz fest.

3 Wenn Sie mit dem Ändern der Einstellungen fertig sind, drücken Sie Back die Zurück/Nach oben-Taste, um in das Hauptmenü der Leistungsanwendung zu wechseln.

Plot-Ansicht

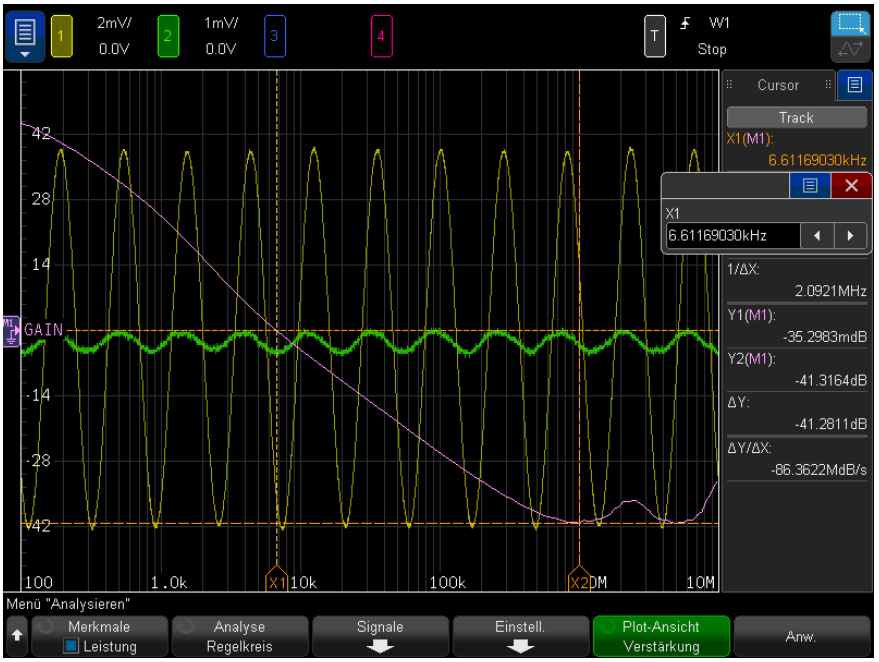
Drücken Sie im Hauptmenü der Leistungsanwendung den Softkey **Plot-Ansicht**, um die Ansicht zwischen **Verstärkungs-** und **Phasen-**Plots umzuschalten.

Phasenmessung und Plots sind nur möglich, wenn die Eingangs- und Ausgangswellenformen 1 Division Spitze-Spitze übersteigen (>1 mVpp).

Analyseergebnisse

Drücken Sie zum Ausführen der Analyse im Hauptmenü der Leistungsanwendung auf **Anw.**.

Wenn die Analyse abgeschlossen ist, werden die Ergebnisse angezeigt.



Die Eingangs- und Ausgangsspannungswellenformen und die math. Regelkreisverhaltens-Wellenform werden angezeigt. Die Nachführungs-X- und Y-Cursor werden auch angezeigt, um die Verhältnis-dB-Werte bei verschiedenen Frequenzen anzuzeigen.

Wenn die Analyse abgeschlossen ist, können die mathematische Skalierung und die Offset-Knöpfe verwendet werden, um die im Bode-Plot verwendete Skalierung und den Offset anzupassen.

4 Automatische Leistungsmessungen

Leistungsfaktor / 73
Wirkleistung / 74
Scheinleistung / 74
Blindleistung / 74
Scheitelfaktor / 75
Phasenwinkel / 75
Ausgangswelligkeit / 75
Eingangsleistung / 76
Ausgangsleistung / 76
Effektivität / 76
Spitzenstrom / 77
Einschwingverhalten / 77
Einschaltzeit / 78
Ausschaltzeit / 78
Rds(on) / 78
Vce(sat) / 78
Leistungsverlust / 79
Leistungsverl./Zyk / 79
Energieverlust / 79

Leistungsfaktor

Verhältnis der Wirkleistung der AC-Leitung zur Scheinleistung.

Wirkleistung / Scheinleistung

Die Leistungsfaktormessung wird mit zwei Quelleingängen, der Spannungswellenform und der Stromwellenform vorgenommen. Zusätzlich wird eine math. Multiplikationswellenform der Spannungs- und Stromwellenformen benötigt.

Wirkleistung

Der Teil des Leistungsflusses, der, gemittelt über einen gesamten Zyklus einer AC-Wellenform, die Nettoenergieübertragung in eine Richtung ergibt.

$$\text{Real Power} = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{n=0}^{N-1} V_n I_n}$$

Die Wirkleistungsmessung wird an einem Quelleingang vorgenommen, der Leistung darstellt. Dies ist üblicherweise eine math. Multiplikationswellenform der Spannungs- und Stromwellenformen.

Scheinleistung

Der Teil des AC-Leistungsflusses, der aufgrund von gespeicherter Energie in jedem Zyklus zurück zur Quelle fließt.

IRMS * VRMS

Die Scheinleistungsmessung wird mit zwei Quelleingängen, der Spannungs- und der Stromwellenform vorgenommen.

Blindleistung

Der Unterschied zwischen Scheinleistung und Wirkleistung aufgrund der Reaktanz. Verwenden des *Kraftdreiecks* (das rechte Dreieck bei dem Scheinleistung^2 = Wirkleistung^2 + Blindleistung^2):

$$\text{Reactive Power} = \sqrt{\text{Apparent Power}^2 - \text{Real Power}^2}$$

Gemessen in Var (Volt-Ampere-Reactive)

Die Blindleistungsmessung wird mit zwei Quelleingängen, der Spannungswellenform und der Stromwellenform vorgenommen. Zusätzlich wird eine math. Multiplikationswellenform der Spannungs- und Stromwellenformen benötigt.

Scheitelfaktor

Der Scheitelfaktor ist das Verhältnis zwischen dem Spitzenwert der/dem von der Last erforderten AC-Spannung/AC-Strom und dem/der RMS-Strom/-Spannung.

Wählen Sie die Spannungsquelle für V-Scheitelfaktor: Vpeak / VRMS

Wählen Sie die Stromquelle für I-Scheitelfaktor: Ipeak / IRMS

Phasenwinkel

Im *Kraftdreieck* (das rechte Dreieck, in dem Scheinleistung^2 = Wirkleistung^2 + Blindleistung^2), ist der Phasenwinkel der Winkel zwischen Scheinleistung und Wirkleistung. Er zeigt den Betrag der Blindleistung an. Kleine Phasenwinkel entsprechen geringerer Blindleistung.

Die Phasenwinkelmessung wird mit zwei Quelleingängen, der Spannungswellenform und der Stromwellenform vorgenommen. Zusätzlich wird eine math. Multiplikationswellenform der Spannungs- und Stromwellenformen benötigt.

Ausgangswelligkeit

VMax - VMin

Die Ausgangswelligkeitsmessung wird an einem Quelleingang vorgenommen, der die Ausgangsspannungswellenform ist.

Eingangsleistung

V Eingang * I Eingang

Die Eingangsleistungsmessung wird mit zwei Quelleingängen, der Eingangsspannungswellenform und der Eingangsstromwellenform vorgenommen. Zusätzlich wird eine math. Multiplikationswellenform der Spannungs- und Stromwellenformen benötigt.

Bei der Eingangsleistungsmessung müssen Sie im Signalemenü der Leistungsanwendung die Kanäle angeben, die Eingangsspannung, Eingangsstrom, Ausgangsspannung und Ausgangsstrom abtasten, und die automatische Signaleinrichtung ausführen, indem Sie den Softkey **Auto-Setup** im selben Menü drücken.

Ausgangsleistung

V Ausgang * I Ausgang

Die Ausgangsleistungsmessung wird mit zwei Quelleingängen, der Ausgangsspannungs- und der Ausgangsstromwellenform vorgenommen. Zusätzlich wird eine math. Multiplikationswellenform der Spannungs- und Stromwellenformen benötigt.

Bei der Ausgangsleistungsmessung müssen Sie im Signalemenü der Leistungsanwendung die Kanäle angeben, die Eingangsspannung, Eingangsstrom, Ausgangsspannung und Ausgangsstrom abtasten, und die automatische Signaleinrichtung ausführen, indem Sie den Softkey **Auto-Setup** im selben Menü drücken.

Effektivität

Ausgangsleistung / Eingangsleistung

Die Effektivitätsmessung wird an einem Quelleingang vorgenommen, der Eingangsleistung darstellt. Dies ist üblicherweise eine math. Multiplikationswellenform der Eingangsspannungs- und Eingangsstromwellenformen. Für diese Messung müssen in der Signaleeinrichtung für die Effektivitätsleistungsanalyse die Ausgangsspannungswellenform und die Ausgangsstromwellenform angegeben werden.

Bei der Effektivitätsmessung müssen Sie im Signalemenü der Leistungsanwendung die Kanäle angeben, die Eingangsspannung, Eingangsstrom, Ausgangsspannung und Ausgangsstrom abtasten, und die automatische Signaleinrichtung ausführen, indem Sie den Softkey **Auto-Setup** im selben Menü drücken.

Spitzenstrom

Der Spitzenstrom kann einen positiven oder negativen Wert annehmen, daher ist das Ergebnis der größere Wert des gemessenen Maximums oder Minimums.

Die Spitzenstrommessung wird an einem Quelleingang vorgenommen, der die Stromwellenform ist.

Einschwingverhalten

Einschwingzeit = T2 – T1, wobei:

- t1 = Das erste Mal, dass eine Spannungswellenform den Einschwingbereich verlässt.
- t2 = Das letzte Mal, dass die Spannungswellenform in den Einschwingbereich eindringt.
- Einschwingbereich = +/- Überschwingung % der Ausgangs-Dauerbetriebsspannung.

Die Einschwingverhaltensmessung wird mit X-Cursors am Ausgangsspannungssignal vorgenommen.

Einschaltzeit

Einschaltzeit = t2 – t1, wobei:

- t1 = AC-Eingangsspannung steigt auf 10% ihrer maximalen Amplitude (Startzeit).
- t2 = DC-Ausgangsspannung steigt auf 90% ihrer maximalen Amplitude (Endzeit).

Die Einschaltzeitmessung wird mit X-Cursors an zwei Quelleingängen, der Eingangsspannungswellenform und der Ausgangsspannungswellenform vorgenommen.

Ausschaltzeit

Ausschaltzeit = t2 – t1, wobei:

- t1 = AC-Eingangsspannung sinkt unter 10% ihres positiven Spitzenwerts (oder negativen Spitzewerts, abhängig davon, welcher Wert zuerst auftritt) (Startzeit).
- t2 = DC-Ausgangsspannung sinkt auf 10% ihres Dauerbetriebswerts (Endzeit).

Die Einschaltzeitmessung wird mit X-Cursors an zwei Quelleingängen, der Eingangsspannungswellenform und der Ausgangsspannungswellenform vorgenommen.

Rds(on)

Rds(on) ist ein Schaltgerätmerkmal, das von der Rds(on) und Vce(sat) Leistungsanalyse gemessen werden kann.

Das Rds(on) Merkmal wird ebenfalls im Schaltgerät-Datenblatt veröffentlicht.

Vce(sat)

Vce(sat) ist ein Schaltgerätmerkmal, das von der Rds(on) & Vce(sat) Leistungsanalyse gemessen werden kann.

Das Vce(sat) Merkmal wird ebenfalls im Schaltgerät-Datenblatt veröffentlicht.

Leistungsverlust

$P_n = Vds_n * Id_n$, wobei "n" jede Abtastung ist.

Die Leistungsverlustmessung wird an einem Quelleingang vorgenommen, der Leistung darstellt. Dies ist üblicherweise eine math. Multiplikationswellenform der Spannungs- und Stromwellenformen.

Leistungsverl./Zyk

$P_n = (Vds_n * Id_n)$ * (Zeitbereich des Zoomfensters) * (Zählermessung der Spannung des Schaltsignals), wobei n jede Abtastung ist.

Die Messung des Leistungsverlusts pro Zyklus wird an einem Quelleingang vorgenommen, der Leistung darstellt. Dies ist üblicherweise eine math. Multiplikationswellenform der Spannungs- und Stromwellenformen.

Diese Messung erfolgt im Zoommodus und die Gegenmessung erfolgt auf der Spannung des Schaltsignals.

Energieverlust

$= \sum (Vds_n * Id_n)$ * Abtastgröße, wobei "n" jede Abtastung ist.

Die Energieverlustmessung wird an einem Quelleingang vorgenommen, der Leistung darstellt. Dies ist üblicherweise eine math. Multiplikationswellenform der Spannungs- und Stromwellenformen.

Index

Symbols

% Überschwingen, 60

Numerics

10070D passiver Tastkopf, 14
1141A Differenzialtastkopf, 14
1147B Stromtastkopf, 14
3000T X-Serie-Oszilloskope, 13
4000 X-Serie-Oszilloskope, 13
6000 X-Serie-Oszilloskope, 13

A

Abfallzeit, Leistungsmodulationsanalyse, 52
AC-Ausgangs-Dauerbetriebsspannung, 58, 61
Anforderungen, Hochspannungs-Differenzialtastkopf, 13
Anforderungen, Kalibrierungsadapter, 14
Anforderungen, Oszilloskop, 11
Anforderungen, Oszilloskopbandbreite, 12
Anforderungen, Oszilloskopsoftware-Anforderungen, 13
Anforderungen, Oszilloskopspeicher, 12
Anforderungen, Oszilloskop-Tastkopf, 13
Anforderungen, passiver Tastkopf, 14
Anforderungen, Stromzange, 14
Anschließen an das Messobjekt, 23
Anstiegsrate von Id im Leistungsgerät, 50
Anstiegsrate von Vds im Leistungsgerät, 50
Anstiegsrateanalyseeinstellungen, 49
Anstiegsrateanalysesignale, 48
Anstiegsrateleistungsanalyse, 47
Anstiegszeit, Leistungsmodulationsanalyse, 52
Anzahl an Zyklen, 29, 32
Anzeigen der Testergebnisse, 25
Anzeigen von Wellenformen, 25
Auf einen Blick, 4
Ausführen von Tests, 25
Ausgangsleistung, 76
Ausgangsrauschen, 4
Ausgangsspannungswelligkeit, 54
Ausgangsspannungswelligkeit, Testergebnisse, 55
Ausgangswelligkeit, 75
Ausgangswelligkeitsanalysesignale, 54
Ausschaltzeit, 58, 78
Ausschaltzeittestergebnisse, 58
Auswählen von Tests, 22

B

Bandbreitenanforderungen (Oszilloskop), 12
Blackman-Harris-Fenster, 32
Blindleistung, 30, 74
Blockdiagramm, Schaltnetzteil, 4

C

Copyright, 2

D

Dämpfungsfaktorparameter für Spannungstastkopf, 24
Dämpfungsfaktorparameter für Stromzange, 24
Dauer der Ausgangswelligkeitsanalyse, 55
Dauer der Effektivitätsanalyse, 64
Dauer der Ein/Aus-Analyse, 57
Dauer der Lastschwankung, 60
Dauer der Modulationsanalyse, 51
dI/dt, 4, 50
dI/dt-Testergebnisse, 50
Differenzialtastkopf, Hochspannung, 13
dV/dt, 4, 50
dV/dt-Testergebnisse, 50

E

Effektivität, auto. Messung der Leistungsanwendung, 76
Effektivitätsanalysesignale, 62
Eigenrauschen, 45
Ein/Aus-Analyse, 56
Ein/Aus-Analyseeinstellungen, 58
Ein/Aus-Analysesignale, 56
Eingangsleistung, 76
Einschaltstrom, 36
Einschaltstromanalyse, 36
Einschaltstromanalysesignale, 36
Einschaltstromtestergebnisse, 38
Einschaltzeit, 58, 78
Einschaltzeittestergebnisse, 58
Einschwingzeit, 59, 77
Einschwingzeitanalyse, 59
Einschwingzeitanalyseeinstellungen, 61
Einschwingzeitanalysesignale, 59
Einstellungen für die Stromoberwellenanalyse, 32
Energieverlust, 79
Ergebnisse (Test), anzeigen, 25
erste Schritte, 17
erwarteter Einschaltstrom, 37

F

Fensterparameter (FFT-Analyse), 32
FFT-Wellenform (Plot), 34

Frequenz,
Leistungsmodulationsanalyse, 52

G

Garantie, 2
gesamte harmonische Verzerrung, 4
Gesamteffektivität, 62
Gesamtsystemeffektivität, 76

H

Hamming-Fenster, 32
Hanning-Fenster, 32
Hinweise, 2
Hochlaststrom-Parameter, 61
Hochspannungsdifferenzial-Tastkopf, 13

I

IEC 61000-3-2 Standard, 33
IEC 61000-3-2-Standard, 4
I-Scheitelfaktor, 75

K

Kalibrierung (Kanal), ausführen, 18
Kalibrierungsadapter (U1880A), 14, 19
Kanalkalibrierung, ausführen, 18
Konfigurationsparameter (Test), 24

L

Lasteinschwingzeit-Testergebnisse, 61
Leistungsfaktor, 4, 30, 73
Leistungsmessungen, weitere Informationen, 27
Leistungsqualität, 4, 27
Leistungsqualitätsanalysesignale, 28
Leistungsqualitätsergebnisse, 29
Leistungsverlust, 79
Leistungsverlust pro Zyklus, 79
Leitung, 46
Leitungsverlust, 4, 42

M

maximale Quellenspannung, 57
Messobjekt, anschließen, 23
Mittelwert,
Leistungsmodulationsanalyse, 52
Modulation, 50
Modulationsanalyse, 4
Modulationsanalyseeinstellungen, 52
Modulationsanalysesignale, 50

N

N2780A Stromzange, 14
N2781A Stromzange, 14
N2782A Stromzange, 14
N2783A Stromzange, 14
N2790A
Hochspannungs-Differenzialtastkopf, 13
N2791A
Hochspannungs-Differenzialtastkopf, 13
N2792A Differenzialtastkopf, 13
N2793A Differenzialtastkopf, 13
N2870A passiver Tastkopf, 14
N2891A
Hochspannungs-Differenzialtastkopf, 14
N2893A Stromzange, 14
negative Pulsbreite,
Leistungsmodulationsanalyse, 52
Netzfrequenzparameter, 32
Niedriger Belastungsstrom, 61
Nullversatz, 45

O

Oberwelle, 35
Oszilloskop,
Softwareversionsanforderungen, 13
Oszilloskopanforderungen, 11
Oszilloskopbandbreiten-Anforderungen, 12
Oszilloskopsoftwareversion,
Anforderungen, 13
Oszilloskopspeicher-Anforderungen, 12
Oszilloskop-Tastkopfanforderungen, 13

P

Parameter, Testkonfiguration, 24
passiver Tastkopf, 14
Periode,
Leistungsmodulationsanalyse, 52
Phasenwinkel, 30, 75
positive Pulsbreite,
Leistungsmodulationsanalyse, 52
Prozent Überschwingen, 60
PSRR (Power Supply Rejection Ratio), 5
PWM (Pulsbreitenmodulation), 4

R

Ratio,
Leistungsmodulationsanalyse, 52
Rds(on), 46, 78
Rds(on) und Vce(sat), 39
Rds(on) und Vce(sat)
Analyseergebnisse, 40
Restwelligkeitsmessungen, 4
RMS - AC,
Leistungsmodulationsanalyse, 52

S

Schaltnetzteil, Blockdiagramm, 4
Schaltverlust, 4, 42
Schaltverlustanalyseeinstellungen, 44
Schaltverlustanalysesignale, 39, 42
Schaltverlustergebnisse, 46
Scheinleistung, 4, 30, 74
Scheitelfaktor, 4, 30, 75
Sicherheit, 11
Softwareversion (Oszilloskop),
Anforderungen, 13
Spannungsdifferenzial-Tastkopf (Hochspannung), 13
Spannungsschaltpegel, 45
Speicheranforderungen (Oszilloskop), 12
Spitzenstrom, 77
Stromoberwellen, 30
Stromoberwellen,
Darstellungsparameter, 33
Stromoberwellen-Analysesignale, 31
Stromoberwellen-Klasse
D-Einstellungen, 33

Stromoberwellenstandard,
Parameter, 33
Stromoberwellentestergebnisse, 34
Stromschaltpegel, 45
Stromzange, 14
Stromzange (Oszilloskop), Strom, 14

T

Tastgrad,
Leistungsmodulationsanalyse, 52
Tastkopf (Oszilloskop),
Anforderungen, 13
Tastkopf (Oszilloskop),
Hochspannungs-Differenzial, 13
Tastkopf (Oszilloskop), passiver, 14
Testauswahl, 22
Testergebnis zur Gesamtleistung, 64
Testergebnisse, anzeigen, 25
Testkonfiguration, 24
Tests, ausführen, 25
THD (Gesamte harmonische
Verzerrung), 35

U

U1880A Kalibrierungsadapter, 19
U1880A-Kalibrierungsadapter, 14
Übersicht, 4

V

Vce(sat), 78
Vce(sat) und Rds(on), 39
Vce(sat) und Rds(on)
Analyseergebnisse, 40
Vorab-Konformitätstests, 4
Voraussetzungen, 11
V-Scheitelfaktor, 75

W

Wellenformen, anzeigen, 25
Wirkleistung, 4, 30, 74

Z

Zugriff auf die
Leistungsmessungsanwendung, 17